KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

SEMESTER 3

PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN INSTRUMEN LOGAM



KELAS X

PENULIS

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, keterampilan dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut.

Buku ini disusun untuk dipergunakan dalam proses pembelajaran pada mata pelajaran Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam yang merupakan Mata Pelajaran Paket Keahlian Teknik Instrumentasi Logam, Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri, Bidang Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, Sekolah Menengah Kejruan. Dalam penyusunannya Buku ini terdiri dari Empat jilid, dimana Buku Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam jilid 1 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 3, jilid 2 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 4, jilid 3 digunakan untuk pembelajaran Kelas XII semester 5 dan jilid 4 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 6.

Sesuai dengan konsep Kurikulum 2013, buku ini disusun mengacu pada pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik untuk menemukan konsep yang sedang dipelajar melalui deduksi. Karenanya siswa diusahakan ditumbuhkan kreatifitasnya melalui bimbingan oleh guru. Materi Pembuatan Komponen Instrumen Logam disusun secara terpadu dan utuh, sehingga setiap pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan sampai membuat siswa kompeten sehingga menjadi landasan yang kuat untuk melanjutkan proses pembelajaran pada mata pelajaran paket keahlian. Pada akhirnya diharapkan siswa menyadari bahwa berbagai upaya dan teknologi yang dicipta manusia memiliki limit keterbatasan, sedangkan Tuhan Yang Maha Esa adalah maha sempurna. Siswa sebagai makhluk dapat mensyukuri terhadap potensi yang diberikan Tuhan kepadanya dan anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yangbertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan yang dipergunakan dalam Kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pada buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan dengan kompetensi keahian yang ditekuni siswa serta kondisi lingkungan sekolah.

Sebagai edisi pertama, buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

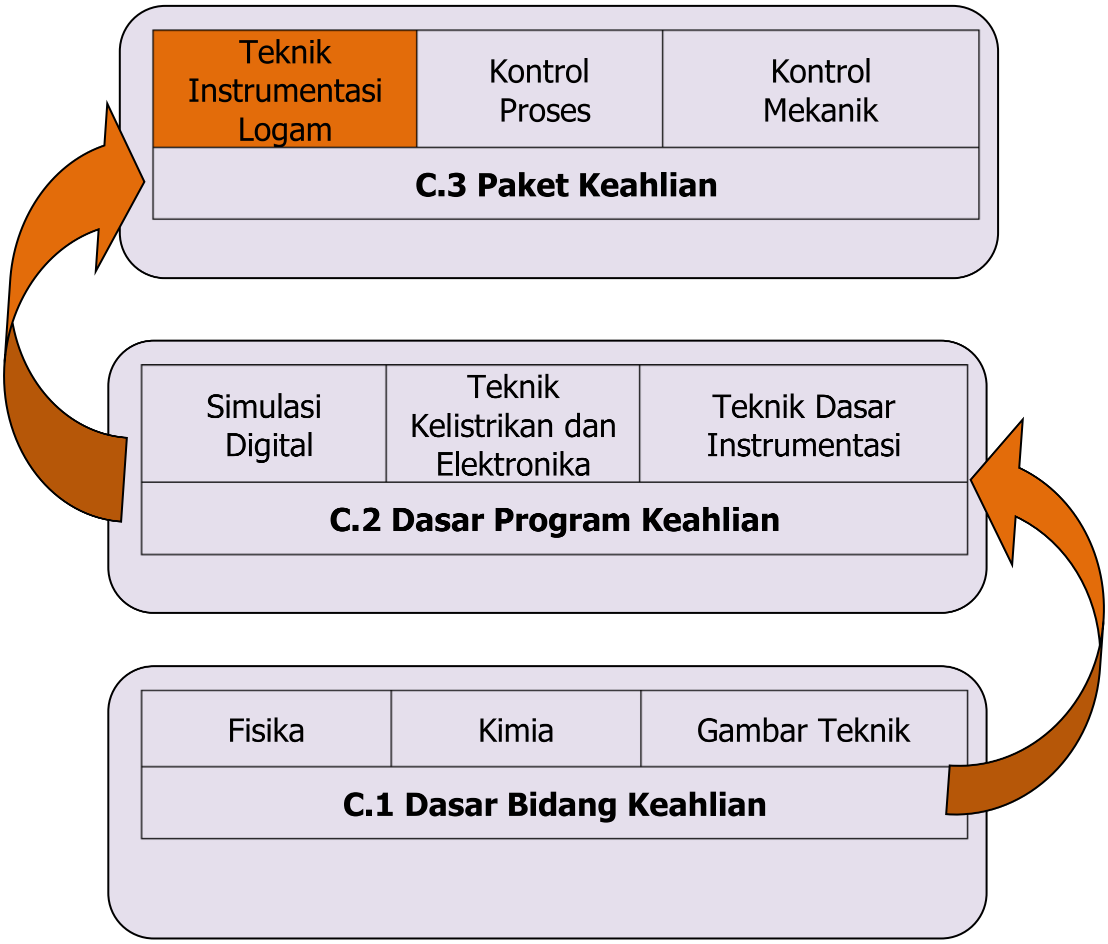
................, November 2013

DAFTAR ISI

Peta Kedudukan Bahan Ajar

Peta kedudukan bahan ajar ini merupakan diagram,yang menunjukan tahapan atau tata urutan pencapaian kompetensi yang diajarkan dan dilatihkan kepada siswa, dalam kurun waktu yang dibutuhkan.

Dengan membaca peta kedudukan bahan ajar ini, dapat dilihat urutan logis pembelajaran Bidang Keahlian Teknologi Dan RekayasaProgram KeahlianTeknik Instrumentasi Industri. Guru dan siswa dapat menggunakanBuku Teks Bahan Ajar Siswa ini, sesuai dengan urutan pada diagram ini.



Glosarium

Instrumen : Peralatan yang memiliki fungsi dan penggunaan yang khusus/khas.

Instrumentasi :Seperangkat instrumen-instrumen yang digunakan untuk mengontrol, memanipulasi, mengukur, menunjukan atau menghitung nilai suatu variabel proses.

Instrumentasi ukur : Adalah instrumen yang merubah besaran fisis atau variabel proses kedalam bentuk satuan yang dapat diamati, dimengerti sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan data pengukuran / monitoring maupun untuk analisa. Secara umum variabel proses akan diubah kedalam bentuk sajian berupa tampilan, rekord, maupun print ditentukan oleh instrument

Instrumentasi Kontrol : Adalah instrument yang berfungsi mengendalikan jalannya operasi agar variabel proses yang sedang diukur dapat diatur dan dikendalikan, tetap pada nilai yang ditentukan (set point).

Instrumentasi Pengaman :Adalah instrument yang berfungsi memberikan tanda bahaya atau tanda gangguan apabila terjadi gangguan atau kondisi yang tidak normal yang diakibatkan oleh tidak berfungsinya suatu peralatan pada suatu proses, serta berfungsi untuk mengetripkan suatu

proses apabila gangguan tersebut tidak teratasi dalam waktu tertentu.

Instrumentasi analisa : Adalah instrument yang berfungsi menganalisa produk yang dikelola, apakah sudah memenuhi spesifikasi seperti yang diinginkan atau sesuai dengan standar. Misalkan untuk mengetahui polusi dari hasil buangan sisa produksi yang diproses agar tidak membahayakan dan merusak lingkungan

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam ini digunakan sebagai buku sumber pada kegiatan belajar untuk pencapaian kompetensi siswa pada Mata Pelajaran Paket Keahlian Teknik Instrumentasi Logam, Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri, Bidang Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, Sekolah Menengah Kejruan.

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam terdiri atas 4 jilid buku. Buku Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam jilid 1 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 3, jilid 2 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 4, jilid 3 digunakan untuk pembelajaran Kelas XII semester 5 dan jilid 4 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 6.

Pada buku jilid 1 ini dibahas materi belajar yang meliputi;

1. Mengidentifikasi instrument logam ukur
2. Mengidentifikasi K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam
3. Memahami prinsip pemeliharaan dan perbaikan komponen instrumen logam ukur
4. Memahami prosedur pemeliharaan Instrumen Logam ukur
5. Menerapkan K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam
6. Melaksanakan pemeliharaan Instrumen Logam ukur

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam disusun berdasarkan penguasaan konsep dan prinsip serta keterampilan teknis keahlian sehingga setelah mempelajari buku ini, siswa memiliki penguasaan pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan instrumentasi logam pada lingkup keahlian instrumentasi industri.

B. Prasyarat

Kemampuan awal Siswa sebelum mempelajari Buku Teks Bahan Ajar Siswa "Pembuatan Komponen Instrumen Logam" yaitu siswa telah memahami :

1. Gambar Teknik
2. Simulasi Digital
3. Teknik Dasar Instrumentasi

C. Petunjuk Penggunaan

1. Petunjuk penggunaan bagi Siswa :

a. Siswa diharapkan telah memahami mata pelajaran atau materi yang menjadi prasarat pemelajaran modul ini.
b. Lakukan kegiatan pemelajaran secara berurutan dari Bab 1 ke Bab berikutnya.
c. Rencanakan kegiatan belajar bersama guru, dan isilah pada kolom yang disiapkan pada tabel rencana pembelajaran.
d. Pelajari dan pahami setiap uraian materi dengan seksama.
e. Lakukan kegiatan yang diberikan pada uraian materi pembelajaran, kegiatan tersebut dirancang dalam bentuk; eksplorasi, diskusi,asosiasi, dan evaluasi hasil belajar pada setiap akhir bab.
f. Kegiatan praktik kejuruan dilaksanakan dalam bentuk latihan keterampilan, kerjakan latihan tersebut dibawah pengawasan guru.

g. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan pada setiap pembelajaran untuk menyelesaikan tugas dan evaluasi hasil belajar
h. Lakukan setiap kegiatan dengan tekun, teliti dan hati-hati dengan menerapkan kesehatan dan keselamatan kerja.
i. Jawablah soal evaluasi pada bagian review, penerapan dan tugas sesuai perintah yang diberikan.
j. Uji kompetensi kejuruan adalah tugas proyek untuk mengevaluasi capaian keterampilan siswa, kerjakan uji kompetensi sesuai petunjuk.
k. Siswa dinyatakan tuntas menyelesaikan materi pada bab terkait, jika siswa menyelesaikan kegiatan yang ditugaskan dan menyelesaikan kegiatan evaluasi dengan nilai minimal sama dengan KKM (Kriteria Kelulusan Minimal).

2. Peran Guru:

a. Merencanakan kegiatan pembelajaran siswa sesuai silabus.
b. Mengarahkansiswa dalam merencanakan proses belajar
c. Memfasilitasi siswa dalam memahami konsep dan praktik.
d. Memberikan motivasi, membimbing dan mengarahkan siswa dalam melakukan kegiatan yang diberikan pada uraian materi pembelajaran. Kegiatan tersebut dirancang dalam bentuk; eksplorasi,asosiasi dan evaluasi.
e. Menekankan, selalu mengecek dan memfasilitasi penggunaan K3 sesuai kegiatan yang dilaksanakan.
f. Mengembangkan materi pembelajaranyang disesuaikan dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah.
g. Memberikan contoh, memandu dan melakukan pengawasan pelaksanaan tugas siswa yang berkaitan dengan pembelajaran praktik di laboratorium atau bengkel kerja.

h. Membantu Siswa untuk menetukan dan mengakses sumber belajar lain yang diperlukan untuk kegiatan pembelajaran.
i. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja/industri untuk membantu jika diperlukan
j. Menyusun variasi kegiatan siswa, soal, latihan praktik dan uji kompetensi yang disesuaikan dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah.
k. Merencanakan proses penilaian dan menyiapkan perangkatnya
l. Memeriksa seluruh hasil pekerjaan siswa baik berupa hasil pelaksanaan kegiatan maupun jawaban dari evaluasi belajar dan uji kompetensi.
m. Mencatat dan melaporkan pencapaian kemajuan Siswa kepada yang berwenang.

D. Tujuan Akhir

Hasil akhir dari seluruh kegiatan belajar dalam buku teks bahan ajar siswa ini adalah Siswa;

1. Mampu mengidentifikasi instrument logam ukur
2. Mampu mengidentifikasi K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam
3. Mampu memahami prinsip pemeliharaan dan perbaikan komponen instrumen logam ukur
4. Mampu memahami prosedur pemeliharaan Instrumen Logam ukur
5. Mampu menerapkan K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam
6. Mampu melaksanakan pemeliharaan Instrumen Logam ukur

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA

PROGRAM KEAHLIAN: TEKNIK INSTRUMENTASI INDUSTRI

MATA PELAJARAN : PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN INSTRUMEN LOGAM

KELAS XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama dalam melaksanakan pekerjaan di bidang Pemasangan dan Pemeliharaan Instrumen Logam
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Memiliki motivasi internal, kemampuan bekerjasama, konsisten, rasa percaya diri, dan sikap toleransi dalam perbedaan konsep berpikir, dan strategi menyelesaikan masalah dalam melaksanakan pekerjaan di bidang Pembuatan Komponen Instrumen Logam 2.2 Mampu mentransformasi diri dalam berperilaku: teliti, kritis, disiplin, dan tangguh mengadapi masalah dalam melakukan tugas di bidang Pemasangan dan Pemeliharaan Instrumen Logam 2.3 Menunjukkan sikap bertanggung jawab, rasa ingin tahu, santun, jujur, dan perilaku peduli lingkungan dalam melakukan pekerjaan di bidang Pemasangan dan Pemeliharaan Instrumen Logam
KI-3 Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural dab metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan	3.1 Mengidentifikasi instrument logam ukur 3.2 Mengidentifikasi K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam 3.3 Memahami prinsip pemeliharaan dan perbaikan komponen instrumen logam ukur 3.4 Memahami prosedur pemeliharaan

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	Instrumen Logam ukur 3.5 Mengidentifikasi instrument logam kontrol 3.6 Memahami prosedur pemeliharaan Instrumen Logam kontrol 3.7 Memahami prinsip pemeliharaan dan perbaikan komponen instrumen logam kontrol
KI-4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	1.1 Menerapkan K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam 1.2 Melaksanakan pemeliharaan Instrumen Logam ukur 1.3 Melaksanakan pemeliharaan Instrumen Logam kontrol

F. Cek Kemampuan Awal

Berilah tanda silang (x) pada tabel dibawah ini, dengan pilihan "ya" atau "tidak" dengan sikap jujur dan dapatdipertanggungjawabkan untuk mengetahui kemampuan awal yang telah Kamu (Siswa) miliki.

Kelas XI Semester 4

No	Kompetensi Dasar	Pernyataan	Dapat Melakukan Pekerjaan Dengan Kompeten		Jika "Ya" Kerjakan
			Ya	Tidak	
1	• Mengidentifikasi instrument logam ukur	• Saya mampu mengidentifikasi instrument logam ukur			Evaluasi Belajar Bab 2
2	• Mengidentifikasi K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam • Menerapkan K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam	• Saya mampu mengidentifikasi K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam • Saya mampu menerapkan K3 pada proses pemeliharaan komponen instrumen logam			Evaluasi Belajar Bab 3
3	• Memahami prosedur pemeliharaan Instrumen Logam ukur • Memahami prinsip pemeliharaan dan perbaikan komponen instrumen logam ukur	• Saya mampu memahami prosedur pemeliharaan Instrumen Logam ukur • Saya mampu memahami prinsip pemeliharaan dan perbaikan komponen instrumen logam			Evaluasi Belajar Bab 4

No	Kompetensi Dasar	Pernyataan	Dapat Melakukan Pekerjaan Dengan Kompeten		Jika "Ya" Kerjakan
			Ya	Tidak	
	• Melaksanakan pemeliharaan Instrumen Logam ukur	• Saya mampu melaksanakan pemeliharaan Instrumen Logam ukur			

BAB 2

Jenis Instrumentasi Industri

KATA KUNCI:

- ✓ Pengukuran
- ✓ Instrumentasi
- ✓ Instrumentasi Ukur
- ✓ Instrumentasi Analisa
- ✓ Instrumentasi Kontrol
- ✓ Instrumentasi Pengaman

Deskripsi



Pada materi pembelajaran Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam ini, Kamu akan diperkenalkan dengan materi khas dari Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri Paket Keahlian Instrumentasi Logam yang membahas lingkup materi instrumentasi logam dan pemeliharaannya. Pada awal pembelajaran kamu akan diberikan penjelasan tentang pengertian instrumentasi dan lingkup instrumentasi logam, selanjutnya kamu akan mempelajari berbagai instrument logam yang meliputi karakteristik dan pemeliharaannya.

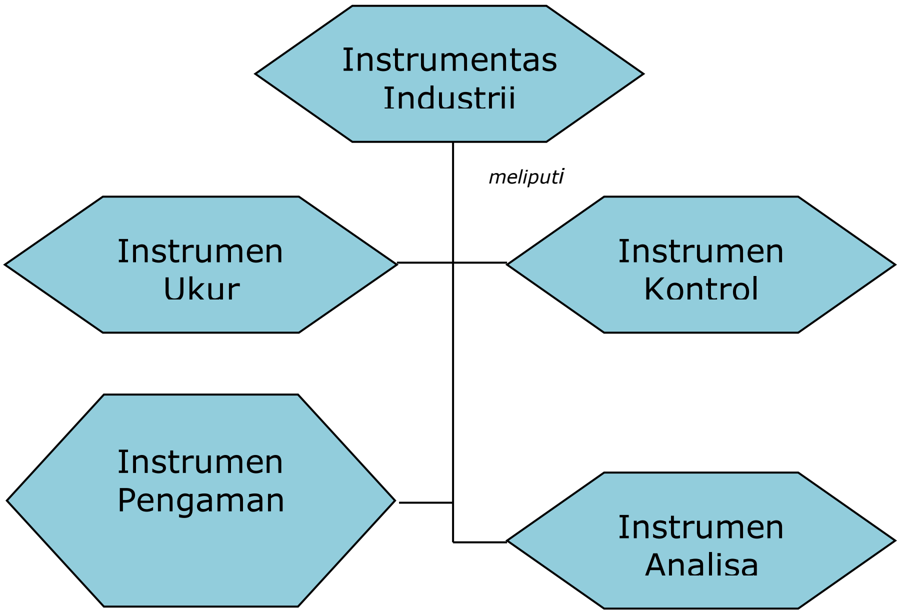
Dikarenakan banyaknya jenis instrumentasi logam yang ada dan di gunakan di dunia Industri, tentu saja kamu harus menggali kembali dari berbagai sumber untuk lebih mendalami berbagai ragam instrument logam yang digunakan di Industri.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 2 ini, Kamu diharapkan dapat;

1. Memahami karakteristrik instrumentasi
2. Mengidentifikasi instrumentasi logam ukur
3. Mengidentifikasi instrumentasi logam kontrol
4. Mengidentifikasi instrumentasi logam Pengaman
5. Mengidentifikasi instrumentasi logam analisa

Peta Konsep


Instrumentas
Industrii
meliputi
Instrumen
Ukur
Instrumen
Kontrol
Instrumen
Pengaman
Instrumen
Analisa

Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini :

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	Memahami konsep instrumentasi industri				
2	Memahami jenis instrumentasi industri				
3	Memahami karakteristrik Instrumen ukur				
4	Memahami karakteristrik Instrumen kontrol				
5	Memahami karakteristrik Instrumen pengaman				
6	Memahami karakteristrik Instrumen analisis				
7	Menjawab soal review				
8	Menyelesaikan soal penerapan				
9	Menyelesaikan tugas proyek				

............................, ...

Guru　　　　Orangtua/Wali Siswa　　　　Siswa

....　　　　.................................　　　　..............................

Uraian Materi

Eksplorasi

Mengidentifikasi Jenis Instrumentasi Industri

Perhatikan gambar-gambar berikuti di bawah ini, kamu pasti telah mengenal peralatan las oksi asitelin, alat deteksi tekanan oli pelumas pada kendaraan dan kertas lakmus yang digunakan untuk mengukur kadar keasaman.



Gambar 2.1 Perlengkapan Las Asetilena
Dilengkapi Regulator Pressure gauge

Pada perlengkapan las asetilena seperti gambar 2.1, dapat dilihat bahwa tabung gas dilengkapi regulator tekanan yang berfungsi untuk mengatur besar tekanan gas yang dikeluarkan dalam tabung untuk digunakan pada pengelasan. Regulator ini dilengkapi alat ukur tekanan gas dalam tabung dan tekanan kerja gas yang digunakan.

Regulator sebagai alat yang berfungsi melakukan kontrol tehadap tekanan gas dikeluarkan, atau alat yang berfungsi untuk mengendalikan jalannya proses, agar variabel proses (tekanan gas) yang sedang diukur dapat diatur dan dikendaliakan tetap pada nilai yang ditentukan, dikenal dengan **Instrumentasi pengendalian/ *kontrol (Control Instrumetation)***.

Berbeda dengan regulator, alat ukur tekanan gas yang terpasang pada regulator tersebut, bekerja mengukur seberapa besar tekanan gas yang mengalir untuk dijadikan parameter kebutuhan dari suplai gas untuk system pengelasan yang sedang digunakan. Alat ukur tekanan gas (*pressure gauge*) merubah besaran fisis atau variabel proses kedalam bentuk satuan yang dapat diamati, dimengerti sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan data pengukuran/monitoring maupun untuk analisa. Variabel proses berupa tekanan gas diubah kedalam bentuk sajian berupa tampilan indicator jarum yang menunjuk seberapa besar tekanan gas. Alat dengan fungsi demikian dikenal dengan **Instrumentasi ukur *(measuring instrumentation)***.



Gambar 2.2 Sistem pelumasan kendaraan dan indikator kerjanya

Pada gambar 2.2 di atas ditunjukan sebuah sistem pelumasan pada kendaraan. Sistem pelumasan ini sangat penting pada mesin kendaraan untuk mencegah gesekan langsung bagian mesin yang bergerak seperti piston dalam silinder. Tidak berfungsinya sistem pelumasan dapat membahayakan mesin secara keseluruhan, mesin dapat menjadi panas dan macet akibat *overheating*. Guna mendeteksi kerja sistem pelumasan,

dipasang sebuah alat (*oil pressure sensor*) yang mendeteksi kerja oli/tekanan oli pada mesin.

O*il pressure sensor* dihubungkan dengan peralatan kelistrikan dengan lampu indicator pada *dash boar* kendaraan. Pengendara dapat mengetahui bahwa sistem pelumasan bermasalah pada saat menghidupkan kendaraan apabila lampu indikator menyala merah. *Oil pressure sensor* berfungsi sebagai alat untuk memberikan tanda bahaya atau tanda gangguan apabila terjadi *trouble* atau kondisi yang tidak normal yang diakibatkan oleh tidak berfungsinya suatu paralatan pada suatu proses (sistem pelumasan), serta berfungsi untuk mengtripkan suatu proses apabila gangguan tersebut tidak teratasi dalam waktu tertentu. *Oil pressure sensor* tersebut dinamakan **Instrumentasi Pengaman** *(Safety Instrumentation).*



Gambar 2.3 alat uji Keasaman

Kamu pasti telah mengetahui air aki atau air laut. Jenis-jenis air tersebut memiliki tingkat keasaman atau pH yang berbeda. Air aki memiliki mempunyai pH antara 0 hingga 7, sedangkan air laut dan cairan pemutih mempunyai sifat basa (yang juga di sebut sebagai alkaline) dengan nilai pH 7-14. Air murni adalah netral atau mempunyai nilai pH 7.

Kualitas air dapat diukur dari kadar pH-nya, pada produksi air minum/ food processing, kolam renang, rumah sakit, Aquarium, Rumah Tangga, Lab, industri, digunakan alat uji tingkat keasaman air dengan pH meter. PH adalah tingkat keasaman atau kebasa-an suatu benda yang diukur dengan menggunakan skala pH antara 0 sampai 14. ASAM: PH 0 sampai 7

BASA: PH 7 sampai 14 PH air minum ideal menurut standar Departemen Kesehatan RI adalah berkisar antara 6,5 sampai 8,5

Gambar 2.3 di atas adalah contoh ph meter, cara kerja PH meter ini adalah mencelupkan kedalam air yang akan diukur (kira-kira kedalaman 5cm) selama 3-5 menit sampai angka stabil, dan secara otomatis alat bekerja mengukur. Selain untuk mengukur ph air maka ph meter ini dapat digunakan untuk mengukur ph tanah dengan terlebih dahulu mencampurkan tanah yang akan diukur dengan sejumlah air.

Ph meter merupakan Instrumentasi yang berfungsi sebagai alat untuk menganalisa produk yang dikelola, apakah sudah memenuhi spesifikasi seperti yang diinginkan sesuai dengan standard atau belum, alat ukur tersebut dinamakan **Instrumentasi analisa** (*Analyzer instrumentation*).

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa instrument dikelompokan dalam empat jenis, yautu:

1. Instrumentasi pengendalian/*kontrol (Control Instrumetation)*.
2. Instrumentasi ukur *(measuring instrumentation)*.
3. Instrumentasi Pengaman *(Safety Instrumentation).*
4. Instrumentasi analisa (*Analyzer instrumentation*).

Pada bab ini, materi pembelajaran yang akan di bahas adalah identifikasi bermacam instrumentasi ukur berbasis logam (instrument logam) yang banyak digunakan di industry, yang dilanjutkan dengan pembahasan pemeliharaan alat ukur tersebut.

TUGAS KELOMPOK

IDENTIFIKASI INSTRUMEN

Berasar urain materi di atas, coba kamu lakukan identifikasi terhadap berbagai alat, mesin dan kelengkapan yang ada di sekitar kamu. Cari juga dari berbagai sumber (internet) jenis instrument yang dikelompokan pada:

1. Instrumentasi kontrol *(Control Instrumetation)*.
2. Instrumentasi ukur *(measuring instrumentation)*.
3. Instrumentasi pengaman *(Safety Instrumentation).*
4. Instrumentasi analisa (*Analyzer instrumentation*).

Tabel 2.1
Identifikasi Instrumen

Jenis instrumen	Nama Instrumen	Fungsi
Instrumentasi K*ontrol*	1	
	2	
	3	
	4	
Instrumentasi Ukur	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
Instrumentasi Pengaman	1	
	2	
	3	
	4	
Instrumentasi Analisa	1	
	2	
	3	
	4	

A. Pengertian Instrumentasi

Secara bahasa, instrument adalah alat, sedangkan instrumentasi adalah peralatan. Sementara instrumentasi industri yaitu peralatan yang berada di industri. Secara therminologis definisi instrumentasi diatas dapat diartikan adalah ilmu yang mempelajari tentang pengunaan peralatan atau instrumen untuk mengukur dan mengatur suatu besaran baik kondisi fisis maupun kimianya. Dari definisi tersebut jelas bahwa dalam instrumentasi terdapat dua kegiatan yang merupakan prinsip dasar instrumentasi yaitu mengukur dan mengatur suatu besaran. Dimana kualitas hasil pengukuran akan sangat menentukan hasil dari pengendalian.

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dam teknologi maka instrumentasi pun berkembang dan mempunyai ruang lingkup pengertian yang luas. Ruang lingkup yang luas mencakup perancangan sampai pembuatan serta pemakaian instrumentasi untuk pendeteksi, observasi, pengukuran kontrol otomatis atau pemrosesan data. Tetapi semuanya tetap menginduk pada pengertian dan prinsip dasar dari pengukuran dan pengaturan.

Instrumentasi adalah seperangkat instrument – instrument yang digunakan untuk mengontrol, memanipulasi, mengukur, menunjukan atau menghitung nilai suatu variabel proses. Kemampuan indera manusia untuk melakukan pengamatan sangat terbatas, sedangkan hampir semua industri, proses pengolahannya melalui jalur yang tertutup. Artinya media / bahan yang diolah tidak dapat dilihat atau diukur secara langsung. Maka dalam hal ini diperlukan instrumentasi yang dapat melakukan fungsi melihat, mengukur, dan mengendalikan variabel – variabel proses seperti suhu, tekanan, jumlah aliran, level, PH, viskositas dan sebagainya

B. Fungsi Instrumentasi Pada Industri

Fungsi instrumentasi pada industri sangatlah penting, bias dikatakan bahwa instrumentasi adalah bagian integral dari industri karena tidak ada suatu industri tanpa menggunakan instrumentasi. Suatu Industri yang makin komplek maka instrumentasi yang diperlukan juga makin komplek.Hal ini berkaitan engan jalannya proses produksi pada industri tersebut dimana ketepatan dan keakuratan hasil menjadi hal yang utama.

Sebagai contoh dalam pengolahan material, ada banyak variable-variabel yang mempengaruhi proses tersebut. Untuk suatu proses nilai (harga) dari variable-variabel ini sudah ditentukan pada saat designnya,jadi jika pada saat proses variable-variabel ini berubah harganya maka jalannya proses tidak seperti yang direncanakan sehingga hasilnyapun tidak seperti yang direncanakan (kualitasnya).

Pada dasarnya instrumentasi mengendalikan proses pengolahan industri yaitu mengendalikan variable-variabel proses agar selalu berada dalam nilai-nilai yang telah ditetapkan sebelumnya. Sistem yang tak kalah pentingnya yaitu sistim instrumentasi yang disebut *safe guarding system* yaitu suatu system instrumentasi yang berfungsi mendeteksi variable-variabel proses yang berhubungan dengan peralatan proses, apabila variable-variabel tersebut tidak terkendali dan membahayakan peralatan proses maka system akan menghentikan poses dari pada terjadi kerusakan pada peralatan proses. Sistem *safe guarding* sangat penting dalam industri untuk menjaga terhadap bahaya-bahaya kebakaran atau kerusakan peralatan lain sepertimotor-motor listrik, mesin turbin dan peralatan proses yang lain. Yang termasuk *safe guarding system* antara lain :

1. Safety valve
2. Relief valve
3. Alarm system
4. Peralatan pengolah limbah
5. pendeteksi polusi udara
6. Gas detector
7. Flame cell

Oleh karena itu instrumentasi sangat penting dalam industri untuk menjaga keamanan.

Instrumentasi dapat digunakan untuk mengendalikan suatu proses, maupun mendeteksi suatu proses. Dalam hal pengendalian suatu proses, tidak dapat sembarang dalam mengatur sistem pengendalian tersebut. Sebelum mengendalikan suatu proses ini, harus memastikan bahwa kita mengenal proses tersebut dan telah mengetahui kuantitas ataupun kualitas ciri-ciri dari fisik proses tersebut. Untuk mendapatkan informasi ini, kita dapat mempergunakan instrumentasi pengukur. Dengan adanya pengendalian yang tepat dan ketat, maka hasil yang didapatkan pun menjadi lebih akurat.

C. Variabel Proses Industri

Yang dimaksud variable-variabel proses atau variable-variabel operasi adalah besaran-besaran yang mempengaruhi jalannya proses atau jalannya operasi, tergantung jenis dari jenis proses atau operasinya , apakah proses kimia, proses fisika atau proses nekanik, diantaranya adalah:

1. Variabel Proses Kimia:
   - Tekanan
   - Temperature
   - Aliran (flow)
   - Tinggi permukaan cairan (liquid level)
   - Tinggi permukaan zat padat (solid level)
   - pH
   - Viscositas
2. Variabel Proses Fisika
   - Tekanan
   - Temperature
   - Aliran (flow)
   - Tinggi permukaan cairan (liquid level)
   - Tinggi permukaan zat padat (solid level)
   - Viscositas

3. Variabel Proses Mekanik :
    - Speed
    - Rpm
    - Ireight
    - Torque
    - Power (tenaga)

   Sedangkan mekanik yang digerakkan oleh listrik, variable-variabelnya:
    - Watt (tenaga)
    - Volt (tegangan)
    - Ampere (arus)
    - Frequqncy
    - Phasa

D. Jenis Instrumentasi

1. Jenis Instrumen Berdasar Fungsi

Instrumentasi merupakan alat-alat dan piranti (*device*) yang dipakai untuk pengukuran dan pengendalian dalam suatu system yang lebih besar dan lebih kompleks. Secara umum instrumentasi mempunyai 4 fungsi utama:

a. Sebagai alat ukur dikenal dengan Instrumentasi ukur *(measuring instrumentation)*.
   Adalah merubah besaran fisis atau variabel proses kedalam bentuk satuan yang dapat diamati, dimengerti sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan data pengukuran / monitoring maupun untuk analisa. Secara umum variabel proses akan diubah kedalam bentuk sajian berupa tampilan, rekord, maupun print ditentukan oleh alat
b. Sebagai alat kontrol dikenal dengan Instrumentasi pengendalian/*kontrol (Control Instrumetation)*.
   Yaitu berfungsi mengendalikan jalannya operasi agar variabel proses yang sedang diukur dapat diatur dan dikendalikan, tetap pada nilai yang ditentukan (set point).
c. Sebagai alat pengaman dikenal dengan Instrumentasi Pengaman *(Safety Instrumentation).*

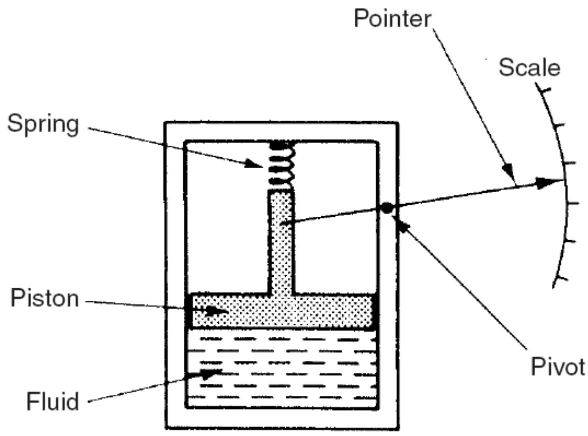
Instrumentasi memberikan tanda bahaya atau tanda gangguan apabila terjadi gangguan atau kondisi yang tidak normal yang diakibatkan oleh tidak berfungsinya suatu peralatan pada suatu proses, serta berfungsi untuk mengetripkan suatu proses apabila gangguan tersebut tidak teratasi dalam waktu tertentu.

d. Sebagai alat analisis dikenal dengan Instrumentasi analisa (*Analyzer instrumentation*).

   Instrument berfungsi sebagai alat untuk menganalisa produk yang dikelola, apakah sudah memenuhi spesifikasi seperti yang diinginkan atau sesuai dengan standar. Misalkan untuk mengetahui polusi dari hasil buangan sisa produksi yang diproses agar tidak membahayakan dan merusak lingkungan

2. Jenis Instrumen Berdasarkan output instrumen

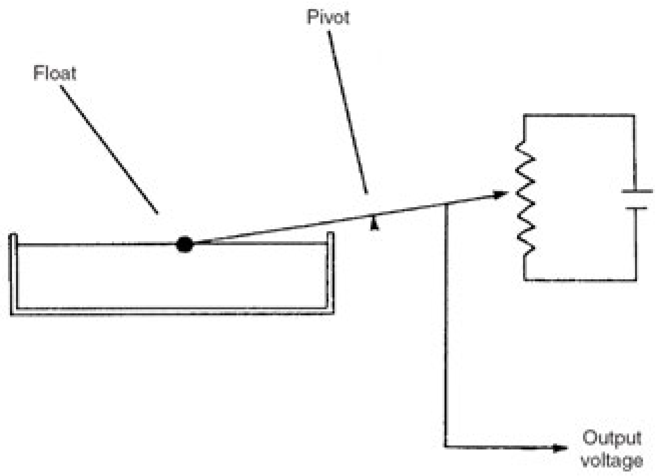
Berdasarkan apakah output instrumen seluruhnya diproduksi oleh kuantitas yang diukur atau apakah kuantitas yang diukur hanya memodulasi besarnya beberapa sumber daya eksternal, dikelompokkan menjadi jenis Instrumenyaitu, instrumen aktif dan instrumen pasif. Contoh instrument pasif adalah alat ukur tekanan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Alat ukur tekanan pasif

Pada alat ukur tekanan di atas, tekanan fluida diterjemahkan ke dalam gerakan pointer terhadap skala. Energi yang dikeluarkan saat memindahkan pointer berasal seluruhnya dari perubahan tekanan diukur, tidak ada masukan energi lain untuk sistem.

Contoh instrument aktif adalah pada indikator ketinggian pada tanki minyak tipe float seperti dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Indikator ketinggian pada tanki minyak tipe float

Pada Indikator ketinggian pada tanki minyak tipe float, perubahan ketinggian permukaan minyak menggerakkan lengan potensiometer. Sinyal keluaran dari potensiometer terdiri dari proporsi sumber tegangan eksternal yang diterapkan di kedua ujung potensiometer (prinsip rangkaian pembagi tegangan). Energi pada sinyal output berasal dari sumber daya eksternal. Sistem transduser utama float hanyalah me modulasi nilai tegangan dari sumber daya eksternal.

Pada instrumen aktif, sumber daya eksternal biasanya dalam bentuk listrik, tetapi dalam beberapa kasus, dapat berbentuk energi lain seperti pneumatik atau hidrolik. Salah satu perbedaan yang sangat penting antara instrumen aktif dan pasif adalah tingkat resolusi pengukuran yang dapat diperoleh:

a. Pada pengukur tekanan sederhana yang ditunjukkan, gerakan yang dibuat oleh pointer atas perubahan tekanan ditentukan oleh sifat instrumen tersebut. Jadi, dimungkinkan untuk meningkatkan resolusi pengukuran dengan membuat pointer lebih panjang, sehingga ujung pointer bergerak melalui busur. Perbaikan tersebut dibatasi oleh batas praktis sepanjang apa pointer dibuat.
b. Dalam instrumen aktif, penyesuaian dari besarnya masukan energi eksternal memungkinkan kontrol yang lebih besar atas resolusi pengukuran. Cakupan untuk meningkatkan resolusi

pengukuran jauh lebih besar. Namun demikian tetap ada batasannya seperti batasan input energi eksternal, pertimbangan efek pemanasan, dan alasan keselamatan.

c. Dari segi biaya, konstrukti instrumen pasif biasanya lebih sederhana dari yang aktif dan oleh karena itu lebih murah diproduksi.

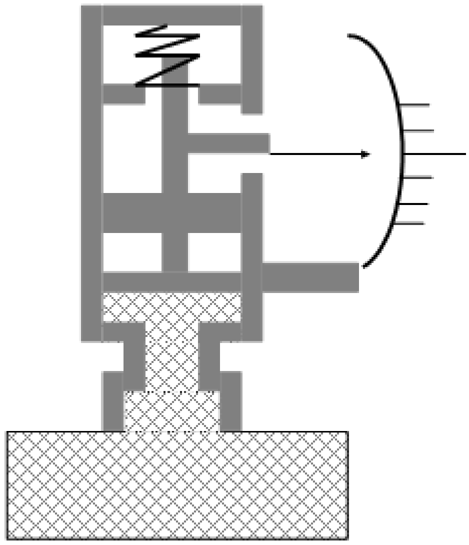
Jadi, pilihan antara instrumen aktif dan pasif untuk aplikasi tertentu ditentukan untuk menyeimbangkan persyaratan resolusi pengukuran dan biaya.

3. Jenis Instrumen Berdasarkan Operasinya

Klasifikasi instrumen berdasarkan operasinya dibedakan atas Instrumen yang menggunakan prinsip metode nol dan Instrumen yang menggunakan prinsip metode defleksi. Akurasi alat ukur tipe deflesi ditentukan oleh linieritas dan kalibrasi pegas. Sedangkan akurasi tipe null ditentukan oleh pemberat. Dari segi penggunaan, alat ukur tipe defleksi lebh mudah dibaca; hanya membaca simpangan jarum pada skala. Sedangkan pada alat ukur null perlu menambah dan mengurangi pemberat sampai posisi nol dicapai. Tipe defleksi banyak dipakai untuk penggunaan sehari-hari, sedangkan tipe null lebih baik digunakan untuk keperluan kalibrasi.

a. Instrumen Yang Menggunakan Prinsip Metode Defleksi

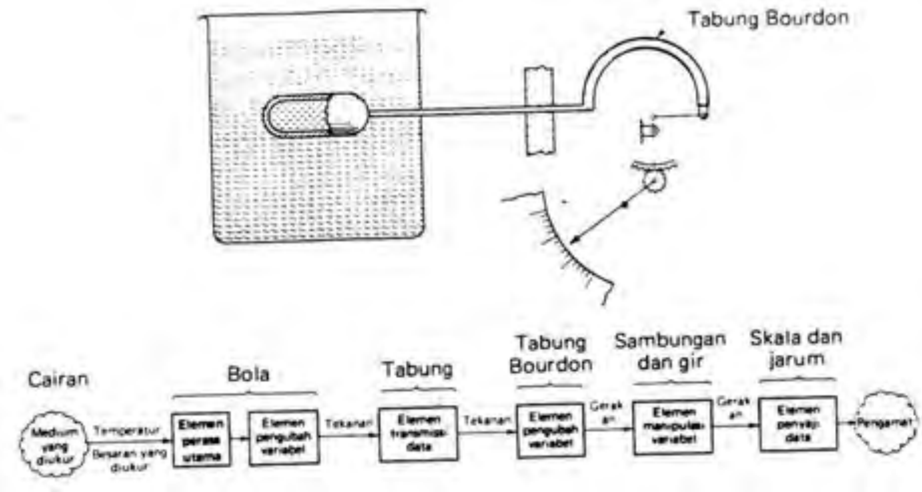
Pada instrumen jenis defleksi, besaran yang diukur menghasilkan efek fisik yang memberi efek yang sama tapi berlawanan pada beberapa bagian instrumen. Efek melawan ini berhubungan erat dengan beberapa variabel (biasanya pergeseran mekanis atau defleksi) yang secara langsung dapat ditangkap oleh indra manusia. Efek melawan bertambah sampai keseimbangan tercapai, yang pada titik ini “defleksi” diukur dan nilai besaran yang diukur diperoleh dari sini.



Gambar 2.6 Pengukur tekanan

Gambar pengukur tekanan memperlihatkan contoh instrumen jenis defleksi, karena gaya tekanan dari fluida menghasilkan gaya pegas melawan sebagai akibat ketidakseimbangan gaya pada batang piston (disebut sambungan penjumlahan gaya), yang mengakibatkan defleksi pegas. Pada saat pegas menyimpang, gayanya bertambah. Jadi keseimbangan akan tercapai pada suatu defleksi jika tekanan berada pada rentangan desain instrumen.

Sebagai contoh untuk konsep di atas ditinjau pengukur tekanan sederhana seperti pada gambar. Satu dari sekian interpretasi yang benar adalah sebagai berikut: Elemen utama adalah piston, yang juga sebagai elemen pengubah tekanan fluida (gaya persatuan luas) menjadi gaya resultan pada permukaan piston. Gaya ditransmisikan oleh batang piston ke pegas, yang mengbah gaya menjadi pergeseran yang sebanding. Pergesaran batang piston ini diperbesar (manipulasi) oleh sambungan untuk memberi perpindahan jarum yang lebih besar. Jarum dan sekala menunjukan tekanan, jadi berfungsi menjadi penyajian data. Jika diinginkan penempatan pengukur yang berjauhan dengan sumber tekanan, sebuah tabung kecil dapat dipakai sebagai elemen transmisi data.

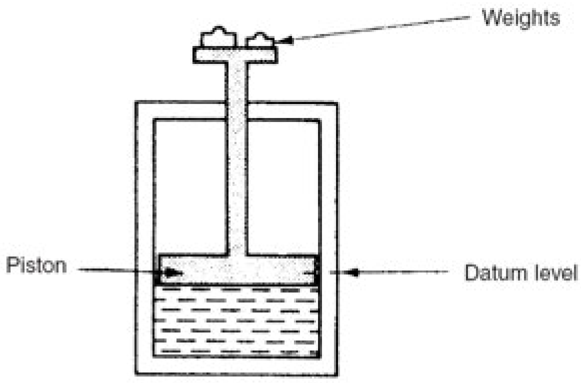


Gambar 2.7 Termometer jenis tekanan

Termometer jenis tekanan pada gambar 2.3 bekerja dengan cairan pada tabung bertindak sebagai elemen perasa utama dan pengubah variabel karena perubahan temperatur mengakibatkan penambahan tekanan di dalam tabung yang disebabkan oleh pemuaian termal fluida. Tekanan ini ditransmisikan melalui pipa ke pengukur tekanan jenis Bourdon, yang mengubah tekanan menjadi pergeseran. Pergeseran ini dimanifulasi oleh batang penyambung dan roda gigi untuk memberi gerakan jarum yang lebih besar. Skala dan jarum bertindak sebagai penyajian data

b. Instrumen yang menggunakan prinsip metode nol

Jenis instrumen lainnya ialah peralatan jenis nol yang berusaha mempertahankan defleksi pada nol dengan membuat efek melawan yang sesuai terhadap efek besaran yang diukur. Untuk maksud tersebut alat jenis ini memerlukan detektor ketidak-seimbangan dan alat untuk keseimbangan. Karena defleksi dibuat nol (idealnya) maka diperlukan pengetahuan penentuan nilai numerik yang tepat tentang besarnya efek melawan. Salah satu contoh instrumen yang bekerja berdasarkan metode nol.



Gambar 2.8 Alat ukur bobot-mati

Alat ukur bobot-mati seperti gambar 2.3 adalah contoh alau ukut tipe null. Pemberat/bobot diletakkan di atas piston sampai gaya ke bawah menyeimbangkan tekanan fluida. Bobot ditambahkan sampai piston mencapai tingkat datum, yang dikenal sebagai titik nol. Pengukuran tekanan dibuat dalam hal nilai bobot yang diperlukan untuk mencapai posisi nol.

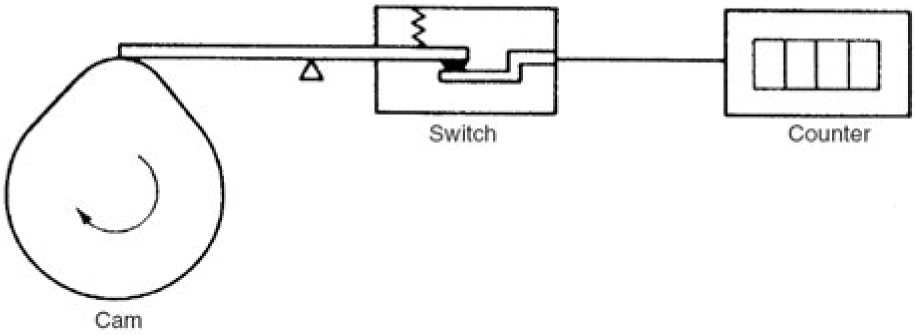
4. Jenis Instrumen Analog dan Digital

a. Alat ukur analog

Sebuah instrumen analog memberikan output yang bervariasi terus menerus saat kuantitas yang diukur berubah. Outputnya dapat memiliki jumlah tak terbatas bergantung pada nilai-nilai dalam jangkauan rancangan alat ukur. Alat ukur tekanan tipe defleksi yang dibahas sebelumnya adalah contoh yang baik dari instrumen analog. Saat nilai masukan berubah, pointer bergerak dengan gerakan kontinyu yanghalus.

b. Alat ukur digital

Sebuah instrumen digital memiliki output yang bervariasi dalam langkah diskrit sehingga hanya dapat memiliki jumlah nilai terbatas. Rev counter (penghitung putaran) pada Gambar 2.4 adalah contoh dari instrumen digital.



Gambar 2.9 Rev counter

Sebuah piringan dengan salah satu bagian menonjol melekat pada sebuah sumbu. Setiap piringan berputar, saklar terbuka dan tertutup. Operasi saklar dihitung oleh counter elektronik. Sistem ini hanya dapat menghitung seluruh putaran dan tidak bisa membedakan setiap gerak yang kurang dari sebuah revolusi penuh. Perbedaan antara instrumen analog dan digital menjadi penting dengan pertumbuhan yang cepat dalam penerapan mikrokomputer untuk sistem kontrol otomatis. Setiap sistem computer digital melakukan perhitungan dalam bentuk digital. Sebuah alat dengan output dalam bentuk digital sangat diuntungkan untuk aplikasi seperti ini, karena dapat dihubungkan langsung ke komputer kendali.

Instrumen analog harus dihubungkan ke komputer melalui konverter analog-ke-digital (A / D), yang mengubah keluaran sinyal analog dari instrumen menjadi kuantitas digital setara yang dapat dibaca ke komputer. Konversi ini memiliki beberapa kelemahan.

1) Pertama, A / D converter menambahkan biaya yang signifikan pada sistem.
2) Kedua, waktu yang terbatas terlibat dalam proses mengubah sinyal analog ke kuantitas digital, dan ini penting dalam pengendalian proses cepat dimana akurasi kontrol tergantung pada kecepatan komputer pengendali. Menurunkan kecepatan operasi kontrol komputer karena persyaratan untuk konversi A / D merusak akurasi.

5. Instrumen Cerdas Dan Bukan Cerdas

Munculnya mikroprosesor telah menciptakan sebuah divisi baru dalam instrumen antara yang menggunakan mikroprosesor (cerdas) dan perangkat yang tidak cerdas.

E. Istilah Pada Bidang Instrumentasi

Terdapat berbagai parameter dasar dan istilah-istilah yang perlu kita pahami dalam bidang sistem pengukuran, istilah-istilah tersebut diantaranya adalah:

1. **Proses variabel**

   Proses variabel adalah besaran yang dapat berupa besaran fisika atau kimia yang berasal dari pengaruh suatu proses. Untuk variabel dalam besaran fisika, kita mengenal tekanan, suhu, aliran, maupun, level. Sementara itu, untuk variabel dalam besaran kimia, kita mengenal nilai pH ataupun kandungan oksigen.

2. **Range atau jangkauan**

   Range atau jangkauan dapat berarti adanya batasan sinyal pada instrument input maupun instrument output. Orang mengenal range sebagai batasan paling rendah dan batasan paling tinggi dari kuantitas instrument yang diukur. Kita dapat mengambil suatu contoh sederhana dari alat pengukur tekanan yang hanya memiliki range pengukuran antara 100 kPa hingga 500 kPa. Dengan jangkauan tersebut, tentu saja alat ini tidak dapat dipakai untuk mengukur nilai yang kurang dari 100 kPa ataupun melebihi 500 kPa.

3. **Zero**

   Zero disini bukanlah angka nol (0) yang biasa kita ketahui, namun berupa nilai terndah dari suatu sinyal input maupun sinyal output. Kita dapat mengambil contoh dari sebuah transmitter suhu yang memiliki input range pengukuran sekitar 50^{o} C hingga 120^{o} C, sementara nilai outputnya sekitar 20^{o}C hingga 100 ^{o}C, maka nilai zero alat ukur ini adalah 50^{o} C dan 20^{o} C.

4. **Span**

   Span atau daerah ukur input dan output dari sebuah instrument berkaitan dengan range input dan output. Span sendiri adalah selisih aljabar antara nilai range tertinggi dengan nilai range terendah.

5. **Error atau Kesalahan**

   Kita mengenal error sebagai sebuah adanya kesalahan, namun disini, error adalah situasi dimana adanya selisih nilai yang diukur dengan nilai yang sebenarnya. Sebagai contoh, sebuah pressure gauge akan

menunjukkan nilai 216 kPa meskipun tekanan sebenarnya adalah 220 kPa, yang berarti alat ini memiliki nilai error sebesar -4 kPa. yaitu penyimpangan variable yang diukur dari harga (nilai) sebenarnya.

6. **Linieritas**

Kelinieritasan dapat digambarkan sebagai kedekatan hubungan antara bagian input dan output dari suatu instrument yang dapat digambarkan dengan sebuah garis lurus. Saat garis ini mengalami penyimpangnan, maka sebuah ketidaklinieran telah terjadi pada instrument tersebut.

7. **Akurasi atau ketelitian**

Akurasi dapat digambarkan sebagai kedekatan antara hasil pengukuran dengan apa yang terjadi di kenyataan. Akurasi dapat dinyatakan dengan persentase span.

8. **Input/besaran fisis:**

Yaitu benda yang di ukur namun termasuk dalam kategori besaran fisis. Contohnya: temperature, tekanan, intesitas, arus, tegangan DL

9. **Pemrosesan sinya**

Yaitu alat yang beguna untuk memproses sinyal yang masuk yang hasilnya nanti bisa di lihat di display

10. **Sensor**

Benda yang berhubungan dengan objek

11. **Pengkondisian sinyal**

Yaitu alat yang mengkondisikan sinyal agar nantinya bisa di proses di pemrosesan sinyal

12. **Display**

Berguna untuk menampilkan hasil pengukuran/hasil pemrosesan sinyal.

13. **Kemampuan bacaan(Readability)**

istilah ini menunjukkan berapa teliti skala suatu instrument dapat dibaca. Instrument yang memiliki skala 12 inchi tentu mempunyai kemampubacaan yang lebih tinggi dari instrumen yang menpunyai skala 6 inchi dan jangkau (range) yang sama.

14. Cacah terkecil (Least count)

yaitu beda terkecil antara dua penunjukan yang dapat dideteksi (dibaca) pada skala instrument.

15. Kepekaan (Sensivity)

ialah perbandingan antara gerakan linear jarum penunjuk pada instrument itu dengan perubahan variable yang diukur yang menyebabkan gerakan itu.

Misalnya : suatu recorder (perekam) 1 mvmempunyai skala yang panjangnya 25 cm, maka kepekaannya adalah 25 cm/mv.

16. Hysterisis

yaitu perbedaan bacaan bila nilai besaran yang diukur didekati dari atas atau dari bawah. Hysteresis mungkin disebabkan oleh gesekan mekanik efek magnetic,deformasi elastic, atau efek termal.

17. Ketelitian (Accuracy)

Yaitu menunjukkan defiasi atau penyimpangan (deviation) terhadap masukan yang diketahui. Ketelitian biasanya dinyatakan dalan persentase bacaan skala penuh. Misalkan jangkauan pengukur tekanan 100 kpa yang mempunyai ketelitian 1% artinya teliti disekitar 1 kpa dalam keseluruhan jangkauan bacaan pengukur itu.

18. Ketepatan (Precision)

yaitu menunjukkan kemampuan instrument it menghasilkan kembali bacaan tertentu dengan ketelitian yang diketahui.

19. Kalibrasi atau Peneraan (Calibration)

yaitu memeriksa instrumen terhadap instrument standar yang diketahui, untuk selanjutnya mengurngi kesalahan dalam ketelitian.

20. Resolusi (Resolution)

yaitu perubahan terkecil dalam nilai yang diukur kepada mana instrument akan memberikan respon.

21. Transduser (transduser)

yaitu peranti yang dapat mentransformasikan suatu efek fisika menjadi efek fisika lain dan untuk mengubah variable fisik menjadi sinyal listrik yang setara.

Apa Tugas Teknisi Instrumentasi?

Instrumentasi banyak digunakan terutama di industri yang berhubungan dengan proses, tujuannya memastikan nilai parameter sesuai dengan perencanaan meliputi temperature (suhu), pressure (tekanan), aliran (flow), PH (tingkat keasaman), analyzer bahan kimia dan banyak lainnya. Karena instrumentasi ini diibaratkan sebagai pancaindera pada manusia yang bertugas mengidera suatu parameter.



Hukum dasar fisika merupakan modal utama dalam memperdalam dan pembentukan teori instrumentasi, karena semua teori instrumentasi yang digunakan berakar dari hukum fisika seperti, pengukuran tekanan berdasarkan hukum newton, archimedes dan pascal. Untuk pengukuran aliran fluida menggunakan hukum bernoulli dan banyak lainnya.

Tugas utama dari seorang teknisi instrumentasi memastikan alatnya melakukan pengukuran dan pengendalian secara benar dan aman sehingga sistem berjalan dengan lancar. Jadi mulai sekarang, kamu yang menekuni dunia instrumentasi industri silahkan perdalam dasar ilmu fisika karena hal ini sangat menunjang.

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

Penilaian Diri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.					
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya memahami Rung lingkup instrumentasi industri				
C	**Keterampilan**				
1	Saya mampu mengidentifikasi instrument logam ukur				
2	Saya mampu mengidentifikasi instrument logam kontrol				
3	Saya mampu mengidentifikasi instrument logama analisa				
4	Saya mampu mengidentifikasi instrument logam pengaman				

B. Review

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar !

1. Jelaskan apa yang dimaksud instrumen?
2. Jelaskan apa yang dimaksud instrumentasi?
3. Jelaskan apa yang dimaksud instrument ukur?
4. Jelaskan apa yang dimaksud instrumenkontrol?
5. Jelaskan apa yang dimaksud instrument analisis?
6. Jelaskan apa yang dimaksud instrument pengaman?
7. Sebutkan dua contoh instrument ukur!
8. Sebutkan dua contoh instrumenkontrol!
9. Sebutkan dua contoh instrument analisis!
10. Sebutkan dua contoh instrument pengaman!

C. Tugas mandiri

Pada bab di atas kamu telah mempelajari jenis instruentasi, pada tugas mandiri ini:

1. lakukan pengamatan pada sebuah sistem kerja mesin yang ada di industri. Amati instrument yang ada dan catat
2. Cari dari berbagai sumber terkait instrument tersebut.
3. Presentasikan di depan kelas

BAB 3

Instrumentasi ukur

KATA KUNCI:

- ✓ Device
- ✓ Sensor
- ✓ Pencatat
- ✓ Kalibrasi
- ✓ Pengubah
- ✓ Barometer
- ✓ pengukuran
- ✓ Daerah mati
- ✓ Transmisi data
- ✓ Kesalahan pengukuran

Deskripsi



Pada materi pembelajaran Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam ini, Kamu akan diperkenalkan dengan materi khas dari Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri Paket Keahlian Instrumentasi Logam yang membahas lingkup materi instrumentasi logam dan pemeliharaannya. Pada awal pembelajaran kamu akan diberikan penjelasan tentang pengertian instrumentasi dan lingkup instrumentasi logam, selanjutnya kamu akan mempelajari berbagai instrument logam yang meliputi karakteristik dan pemeliharaannya.

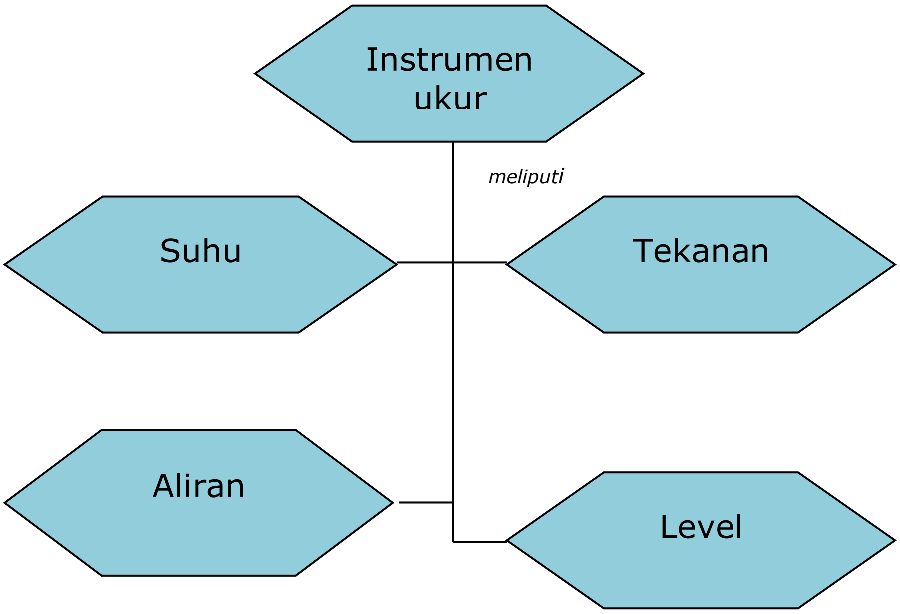
Dikarenakan banyaknya jenis instrumentasi logam yang ada dan di gunakan di dunia Industri, tentu saja kamu harus menggali kembali dari berbagai sumber untuk lebih mendalami berbagai ragam instrument logam yang digunakan di Industri.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 2 ini, Kamu diharapkan dapat;

1. Memahami karakteristrik instrumentasi ukur
2. Mengidentifikasi karakteristik instrumentasi logam ukur

Peta Konsep



Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini :

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	Memahami jenis instrumentasi ukur				
2	Memahami karakteristrik Instrumen ukur suhu				
3	Memahami karakteristrik Instrumen ukur tekanan				
4	Memahami karakteristrik Instrumen ukur level				
5	Memahami karakteristrik Instrumen ukur aliran				
6	Menjawab soal review				
7	Menyelesaikan soal penerapan				
8	Menyelesaikan tugas proyek				

............................, ...

Guru   Orangtua/Wali Siswa   Siswa

....

Uraian Materi

Instrumentasi Ukur

Sebagaimana dijelaskan di atas, Instrumentasi merupakan alat-alat dan piranti (*device*) yang dipakai untuk pengukuran dan pengendalian dalam suatu system yang lebih besar dan lebih kompleks. Secara umum instrumentasi mempunyai 4 fungsi utam, salah satunya Sebagai alat ukur dikenal dengan Instrumentasi ukur *(measuring instrumentation)*. Pada instrument ukur besaran fisis atau variabel proses dirubah kedalam bentuk satuan yang dapat diamati, dimengerti sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan data pengukuran / monitoring maupun untuk analisa. Secara umum variabel proses akan diubah kedalam bentuk sajian berupa tampilan, rekord, maupun print ditentukan oleh alat. Pada Buku ini, secara khusus kita akan membahas instrument ukur meliputi identifikasi instrumentasi ukur sampai pada pemeliharaannya.

A. Pengukuran

Secara umum dikatakan bahwa pengukuran adalah membandingkan sesuatu dengan besaran standar. Agar dapat digunakan, maka besaran standar tersebut harus dapat didefinisikan secara fisik, tidak berubah karena waktu, dan harus dapat digunakan sebagai alat pembanding dimana saja, besaran standar tentunya memerlukan satuan-satuan dasar. Sistem metrik digunakan oleh hampir seluruh negara-negara industri dimana satuan dasarnya banyak mengikuti *international system of units* atau *SI Units* yang di dalamya dikenalkan bermacam-macam satuan dasar. Untuk dapat melakukan pengukuran dengan bantuan satuan dasar tersebut diperlukan alat ukur. Pengukuran merupakan proses menentukan besarnya kuantitas,seperti panjang atau massa, relative terhadap satuan pengukuran, seperti meter atau kilogram. Pengukuran panjang juga dapat

digunakan untuk mengacu pada hasil yang spesifik yang diperoleh dari proses pengukuran.

Pengukuran instrumen dapat dilakukan secara mekanik dan listrik,contoh secara mekanik adalah thermometer air raksa dan thermometer alcohol, thermometer gas, tekanan uap, dan bimetal. Contoh pengukuran instrument dengan menggunakan listrik adalah termometer listrik, termistor, dan termocopel. Ada juga dengan menggunakan radiasi, seperti barometer optik, dan radiasi. Dalam pengukuran instrumen kita juga sering mendengar beberapa istilah seperti kepekaan, ketelitian , ketepatan , kalibrasi serta banyak istilah lainnya. Selain istilah ada juga standar pengukuran, yaitu standar internasional , primer, sekunder, dan kerja. Dalam tahap pengukuran instrument juga ada 3 tahap,yakni tahap detector,tahap anatara,dan tahap akhir.

Instrument ukur juga dapat digunakan untuk menentukan nilai atau besaran dari suatu kuantitas atau variable. Instrument elektronik berdasarkan pada prinsip-prinsip listrik atau elektronika dalam pemakaianya sebagai alat ukur elektronik. Sebuah instrument elektronik dapat berupa sebuah alat yang konstuksinya sederhana dan relative tidakseb rumit seperti halnya sebuah alat ukur dasar untuk arus arah. dengan berkembangnya teknologi, tuntutan akan kebutuhan instrument yang lebih terpercaya dan lebih teliti semakin meningkat yang kemudian menghasilkan perkembangan-perkembangan baru dalam perencanaandan pemakaian. Untuk menggunakan instrument-instrument ini secara cermat, perlu dipahami prinsip-prinsip kerjanya dan mampu memperkirakan apakah instrument tersebut sesuai untuk pemakaian yang direncanakan.

Instrumentasi sebagai alat pengukur sering kali merupakan bagian awal dari bagian bagian selanjutnya (bagian kendalinya), dan biasa berupa pengukur dari semua jenis besaran fisis, kimia, mekanis, maupun besaran listrik. Beberapa contoh diantaranya adalah pengukur : massa, waktu, panjang, luas, sudut, suhu, kelembaban, tekanan, aliran, pH (keasaman), Level, radiasi, suara, cahaya, kecepatan, torque, sifat listrik (arus listrik, tegangan listrik, tahana listrik),viskositas,density, dll.

B. Konsep Umum Alat Ukur

Pada pembelajaran sebelumnya telah mengenal apa yang disebut dengan mistar atau penggaris, mistar ini ada yang terbuat dari kayu, ada yang dari pastik, dan yang paling baik terbuat dari besi stainless. Pada salah satu penampang lebar dari mistar tersebut biasanya dicantumkan angka- angka yang menunjukkan skala dari mistar. Dengan mistar ini kita dapat menentukan ukuran panjang sesuatu yang besarnya dapat dibaca langsung dari penunjukan skala yang ada pada mistar. Dengan mistar ini kita dapat menentukan ukuran panjang sesuatu yang besarnya dapat dibaca langsung dari penunjukan skala yang ada pada mistar. Dengan demikian mistar yang digunakan untuk mengukur panjang tersebut dapat dinamakan sebagai alat ukur. Tidak berlebihan kalau dikatakan bahwa mistar merupakan alat ukur yang paling sederhana bila ditinjau adanya satuan dasar.

Geometri benda ukur biasanya begitu komplek sehingga dalam pengukuran diperlukan kombinasi cara dan bentuk pengukuran yang bermacam-macam. Dengan demikian diperlukan juga bermacam-macam alat ukur yang memiliki karakteristik sendiri-sendiri. Karakteristik dari alat-alat ukur inilah yang menyebabkan adanya perbedaan antara alat ukur yang satu dengan alat ukur lainnya. Karakteristik ini biasanya menyangkut pada konstruksi dan cara kerjanya. Secara garis besar, sebuah alat ukur mempunyai komponen utama yaitu sensor, pengubah atau manipulasi variabel, elemen ransmisi data dan penyaji/ pencatat /penunjuk.

Elemen-elemen fungsional suatu instrumen umumnya terdiri dari susunan elemen-elemen fungsional yang mengandung semua fungsi dasar yang dianggap perlu untuk menerangkan setiap instrumen.

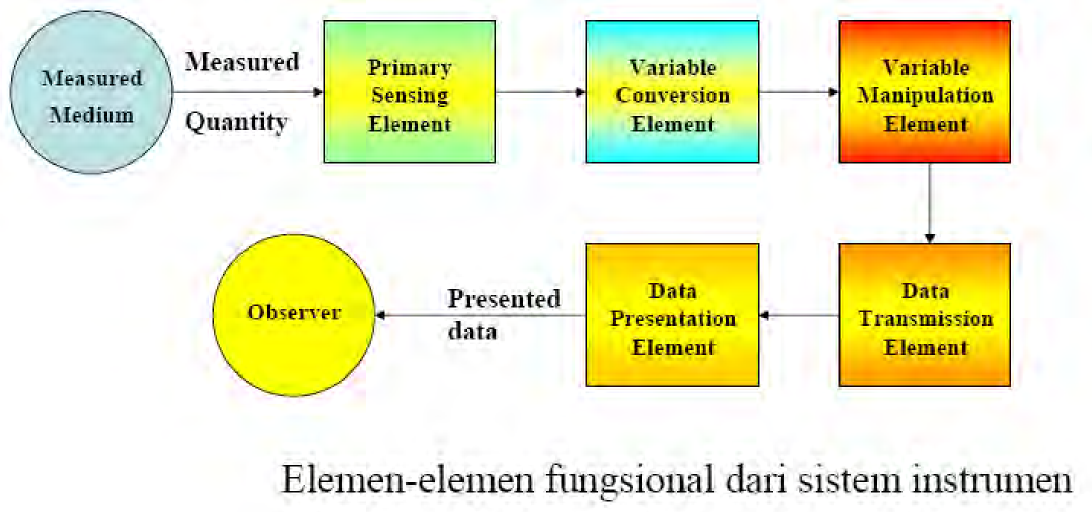
1. Elemen Perasa Utama (Sensor/Peraba)

Adalah elemen yang pertama kali menerima energi dari medium yang diukur dan menghasilkan keluaran yang sedikit banyaknya tergantung pada besaran yang diukur ("*measurand*"). Sensor merupakan bagian dari alat ukur yang menghubungkan alat ukur dengan benda atau obyek ukur. Atau dengan kata lain sensor merupakan peraba dari alat ukur.

Sebagai peraba dari alat ukur, maka sensor ini akan kontak langsung dengan benda ukur. Contoh dari sensor ini antara lain yaitu:

- Kedua ujung dari mikrometer
- Kedua lengan jangka sorong
- Ujung dari jam ukur
- jarum dari alat ukur kekasaran.

Contoh-ontoh sensor di atas termasuk dalam kategori sensor mekanis. Pada alat-alat ukur optik juga memiliki sensor yaitu pada sistem lensanya. Ada juga sensor lain yaitu sensor pneumatis yang banyak terdapat dalam alat-alat ukur yang prinsip kerjanya secara pneumatis.



Gambar 3.1. Elemen-elemen fungsional suatu instrumen atau alat ukur

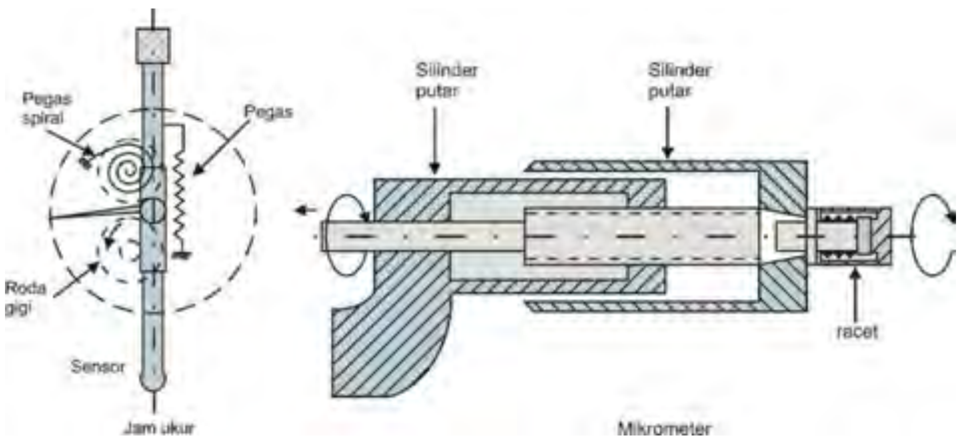
2. Elemen Pengubah Variabel

Adalah elemen yang mengubah sinyal keluaran dari elemen perasa utama yang berupa variabel fisik seperti pergeseran atau tegangan listrik ke variabel lain yang lebih sesuai namun tetap mengandung informasi sinyal aslinya. Bila sensor tadi merupakan bagian alat ukur yang menyentuh langsung benda ukur,maka bagian manakah dari alat ukur tersebut yangakan memberi arti dari pengukuran yang dilakukan. Sebab,

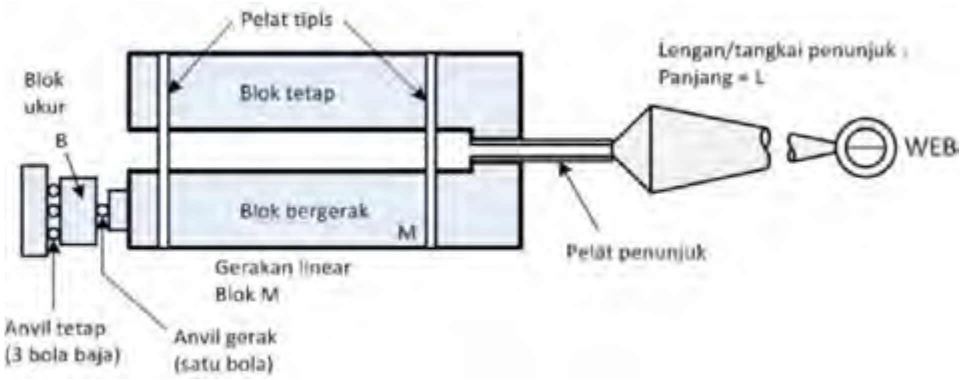
tanpa adanya bagian khusus dari alat ukur yang meneruskan apa yang diterima olehsensor maka si pengukurpun tidak memperoleh informasi apa-apa daribenda ukur. Ada satu bagian dari alat ukur yang sangat penting yang berfungsi sebagai penerus, pengubah atau pengolah semua isyarat yang diterima oleh sensor, yaitu yang disebut dengan pengubah. Dengan adanya pengubah inilah semua isyarat dari sensor diteruskan ke bagian lain yaitu penunjuk/pencatat yang terlebih dahulu di ubah datanya oleh bagian pengubah. Dengan demikian pengubah ini mempunyai fungsi untuk memperjelas dan memperbesar perbedaan yang kecil dari dimensibenda ukur. Pada bagian pengubah inilah yang diterapkan bermacam-macam cara kerja, mulai dari cara kinematis, optis, pneumatis, sampai pada cara gabungan.

2.1 Pengubah Mekanis

Cara kerja dari pengubah mekanis ini berdasarkan pada prinsip kinematis yang melakukan perubahan gerakan lurus (translasi) menjadi gerakan berputar (roatasi). Contohnya antara lain yaitu: sistem kerja roda gigi dan poros bergigi dari jam ukur (dial indicator), sistem kerja ulir dari mikrometer. Gambar dibawah ini menunjukkan diagram skematis dari prinsip kerja mekanis.



Gambar 3.2 Pengubah kinematis dari mikrometer dan jam ukur



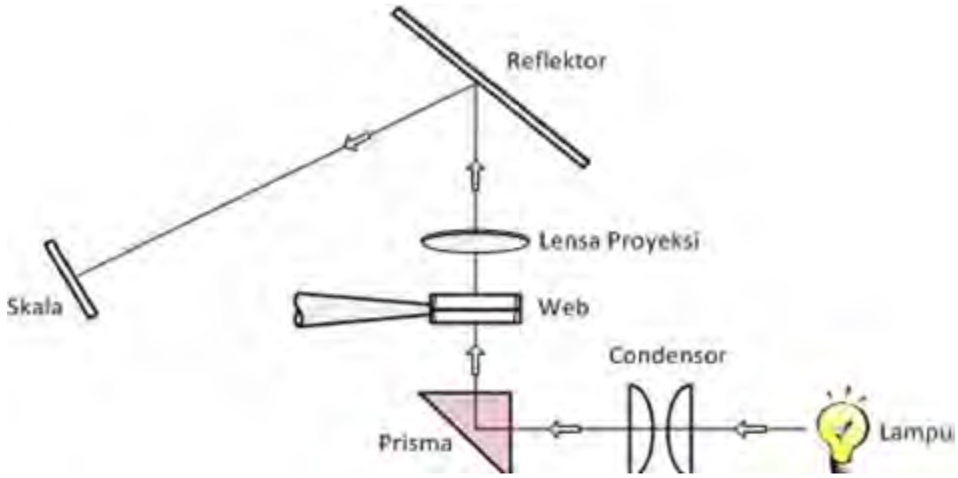
Gambar 3.3. Pengubah kinematis dari mikrometer dan jam ukur

2.2 Pengubah Mekanis Optis

Dalam alat ukur pembanding ini digunakan sistem pengubah gabungan yaitu pengubah mekanis dan pengubah optis. Pengubah mekanis berfungsi untuk menghasilkan perubahan jarak karena persentuhan sensor dengan obyek ukur. Perubahan ini akan diperjelas melalui perbesaran optis. Gambar 1.24a menunjukkan diagram skematis dari gabungan antara pengubah mekanis dengan pengubah optis. Pengubah optis di sini bekerja menurut prinsip optik, yaitu dengan menggunakan beberapa cermin atau lensa. Dari gambar tersebut terlihat adanya cermin datar, proyektor kondensor. Perubahan batang pengukur akan mengubah posisi kemiringan dari cermin. Kemiringan posisi pemantul cahaya ini mengakibatkan perubahan bayangan yang terjadi yang diproyeksikan ke layar kaca yang berskala. Bila jarak kedua ujung batang kinematis terhadap engsel batang ukur (silinder ukur) adalah dua berbanding satu maka dari gambar 1.24a diperoleh perbesaran sebagai berikut:

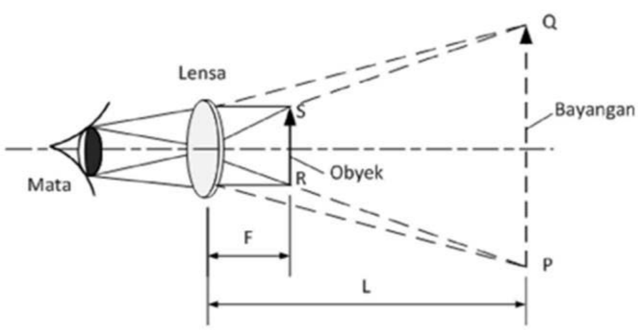
perbesaran mekanis = 1x 20 x 1
= 20 satuan,
perbesaran optis = 50 x 2
= 100 satuan, dan
perbesaran total = 20 x 100
= 200 satuan.

Angka 2 merupakan faktor perbesaran yang timbul akibat perubahan kemiringan cermin pemantul.



Gambar 3.4. Sistem pengubah mekanis optis.

Bekerjanya sistem optis pada pengubah mekanis optis tersebut dapat diterangkan melalui gambar 1.25. Bila sinar datang membentuk sudut ɑ terhadap garis normal maka sinar pantulnya akan membentuk sudut yang sama. Apabila cermin datar dimiringkan sebesar δ sedangkan sinar datangnya arahnya tetap seperti tadi maka sinar pantul antara sinar pantul sebelum cermin dimiringkan dengan sinar pantul sesudah cermin dimiringkan akan membentuk sudut δ , sudut antara normal pertama dan normal kedua menjadi δ . Sudut antara sinar datang dan normal 2 adalahɑ + δ . Sudut antara normal 2 dan sinar pantul 2 adalah ɑ + δ . Dengan emikian sudut antara sinar datang dan sinar pantul adalah 2 (ɑ + δ).



Gambar 3.5. Prinsip optis.

2.3 Pengubah Elektris

Kini sudah banyak alat-alat ukur yang cara kerjanya menggunakan sistem elektronik, di samping alat-alat ukur yang dioperasikan secara manual. Prinsip kelistrikan yang digunakan dalam pengubah elektris ini mempunyai fungsi untuk mengubah semua isyarat yang diterima oleh alat ukur (besaran yang tidak bersifat elektris) menjadi suatu besaran yang bersifat elektris. Dengan adanya prinsip kelistrikan maka besaran yang bersifat kelistrikan tersebut diolah dan diubah menjadi lebih jelas sehingga perubahan ini dapat dibaca pada skala alat ukur.

Salah satu contoh dari pengubah elektris ini adalah pengubah yang bekerjanya dengan prinsip kapasitor. Timbulnya kapasitor karena adanya dua buah pelat metal yang berpenampang sama diletakkan berdekatan dengan jarak . Besarnya kapasitas tergantung pada jarak . Makin jauh jarak pelat maka kapasitasnya akan menjadi turun, sebaliknya makin dekat jarak pelat kapasitasnya makin naik. Bila silinder sensor menyentuh obyek ukur tentu terjadi perubahan jarak antara pelat metal karena diubah oleh silinder tadi. Prinsip perubahan inilah yang digunakan oleh alat-alat ukur yang mempunyai pengubah mengikuti sistem elektris.

2.4 Pengubah Optis

Dalam ilmu fisika dipelajari masalah optis dengan hukum-hukumnya. Prinsip-prinsip dalam optis inilah yang digunakan oleh alat- alat ukur yang mempunyai pengubah optis. Sebetulnya sistem optis di sini hanya berfungsi untuk membelokkan berkas cahaya dari obyek ukur sehingga terjadi bayangan maya atau nyata yang ukurannya bisa menjadi lebih besar dari pada obyek ukurnya. Dalam sistem optis kebanyakan menggunakan bermacam-macam lensa seperti cermin datar, lensa cekung dan cembung, lensa prisma, dan sebagainya. Contoh dari alat- alat ukur yang menggunakan pengubah sistem optis ini adalah: kaca pembesar, mikroskop, proyektor, teleskop, autokolimator, dan teleskop posisi.

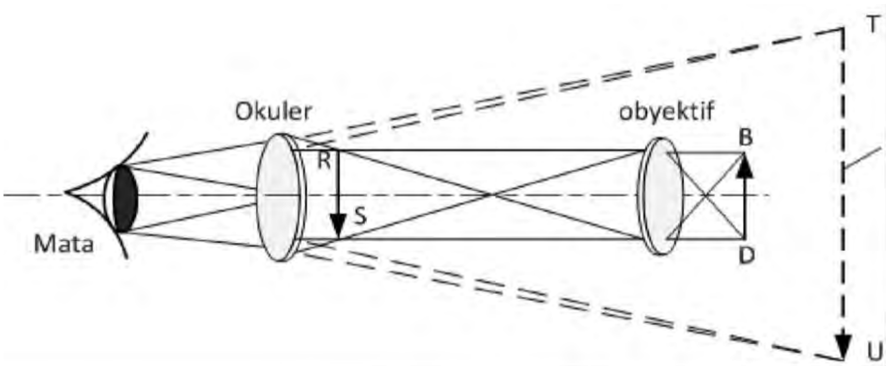
a. Mikroskop

Penggabungan dua buah lensa pembesar menjadi satu sistem optis biasa disebut dengan mikroskop. Dengan demikian terdapat dua lensa yang berbeda, namanya, ada yang disebut dengan okuler (dekat dengan mata) dan ada yang disebut dengan obyektip (dekat obyek ukur). Gambar 1.28 menunjukkan skematis kerja dari mikroskop. Benda BD yang terletak di depan lensa obyektip akan membentuk bayangan nyata yang terbalik RS. Bayangan RS ini akan terlihat oleh mata sebagai bayangan TU yang kelihatannya lebih besar dari BD dengan perbesaran sebagai berikut:

$$\frac{TU}{BD} = \frac{TU}{RS} \times \frac{RS}{BD}$$

$\frac{TU}{BD}$ = perbesaran total. $\frac{RS}{BD}$ = perbesaran obyektip

$\frac{TU}{RS}$ = perbesaran okuler.



Gambar 3.6 Prinsip mikroskop

b. Proyektor

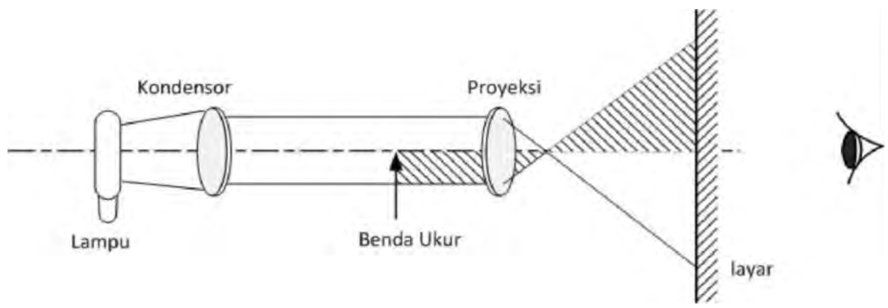
Seperti halnya pada mikroskop, pada proyektor pun terdapat kombinasi sistem lensa yaitu lensa kondensor dan proyeksi. Tidak semua obyek ukur mempunyai sifat tembus cahaya. Dengan bantuan sinar yang lewat melalui kondensor maka berkas cahayanya

akan menyinari benda ukur yang diletakkan di antara kondensor dan proyeksi. Benda ukur yang tidak tembus cahaya ini akan menimbulkan bayangan yang gelap tapi latar belakangnya terang. Pemeriksaan bayangan dari benda ukur dilakukan di balik layar yang terbuat dari kaca buram.

c. Teleskop

Yang telah dibicarakan adalah alat-alat ukur yang mempunyai pengubah optis yang digunakan untuk melihat benda ukur yang letaknya 50elative dekat. Bagaimana halnya dengan benda-benda ukur yang letaknya 50elative jauh. Ada satu alat ukur optis yang dapat digunakan untuk melihat obyek ukur yang 50elative jauh letaknya yaitu yang biasa disebut dengan teleskop.

Pada alat ini juga digunakan dua lensa yaitu okuler dan obyektip. Bayangan atau berkas cahaya yang jauh difokuskan oleh obyektip tepat pada fikusnya okuler. Dengan adanya lensa okuler maka bayangan sebagai hasil pembiasan obyektip akan dibiaskan menjadi bayangan atau berkas yang sejajar. Hal ini menyebabkan bayangan dari obyek ukur menjadi lebih jelas dilihat oleh mata. Gambar .. menunjukkan skematis kerjanya teleskop.



Gambar 3.7 Prinsip Teleskop

2.5 Pengubah Pneumatis

Kondisi aliran udara yang tertentu akan berubah bila area di mana udara itu lalu juga berubah (menjadi lebih sempit atau lebih luas). Prinsip inilah yang digunakan dalam alat ukur yang memakai pengubah sistem pneumatis. Jadi, pada sistem pneumatis kondisi aliran udara akan berubah bila celah antara obyek ukur dengan sensor alat ukur

dimana udara lalu juga mengalami perubahan. Untuk mengetahui perubahan ini digunakan cara yaitu pengukurperubahan tekanan dan kecepatan aliran udara. Dalam pengubah sistem pneumatis paling tidak terdapat tiga komponen yaitu:

a. sumber udara tekan,
b. sensor sekaligus sebagai pengubah,
c. pengukur perubahan aliran udara.

Ada dua macam sistem pengubah pneumatis yang biasa digunakan yaitu:

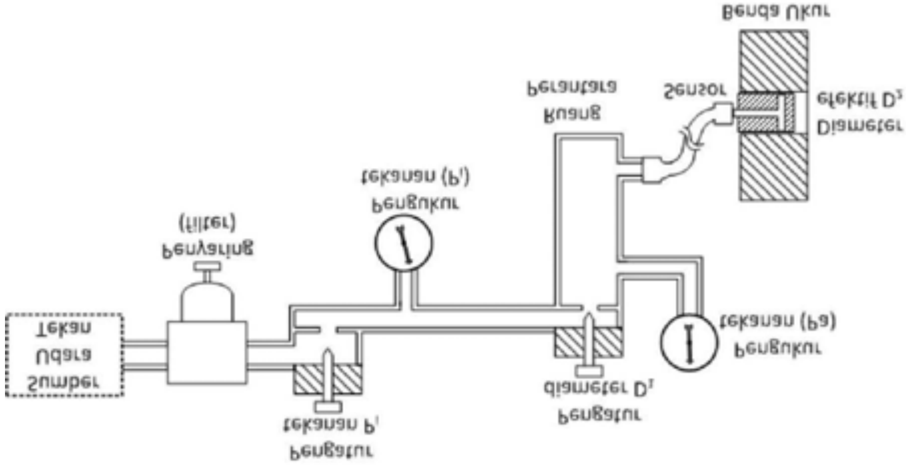
a. sistem tekanan balik (*back pressure system*).
b. sistem kecepatan aliran (*flow velocyty system*).

a. Sistem Tekanan Balik (*Back Pressure System*)

Pada Gambar dapat dilihat secara skematis cara kerja dari sistem pneumatis. Udara yang bertekanan Pi mengalir lewat lubang pengontrol yang diatur diameter efektifnya masuk ke ruang perantara. Pada waktu pengukruan kondisi D1 tetap, sedangkan D2 berubah-ubah karena adanya perubahan celah udara antara benda ukur dengan sensor akibat adanya perubahan diameter benda ukur dan sensor. Perubahan ini mengakibatkan perubahan tekanan udara pada ruang perantara yang perubahan ini dapat dibaca pada barometer, Pa. Pengaturan diameter efektif D1 dan D2 berarti juga ada pengaturan luas lubang efektif yang dilalui udara yaitu A1 dan A2. Akibatnya juga tekanan Pi ikut berubah, biasanya sampai 29.6 N/cm2. Dari keadaan ini diperoleh hubungan antara Pa/Pi dengan A2/A1, yang dapat dijabarkan dalam bentuk kurve. Pada keadaan tertentu kurve ini terdapat kurve yang berbentuk garis lurus yaitu pada daerah linier di mana harga Pa/Pi berkisar antara 0.6 dan 0.8. Untuk keadaan ini berlaku rumus:

$$\frac{Pa}{Pi} = a - b.\frac{A2}{A1} \quad \text{atau}$$

$$Pa = Pi.a - b\frac{A2}{A1}.Pi$$

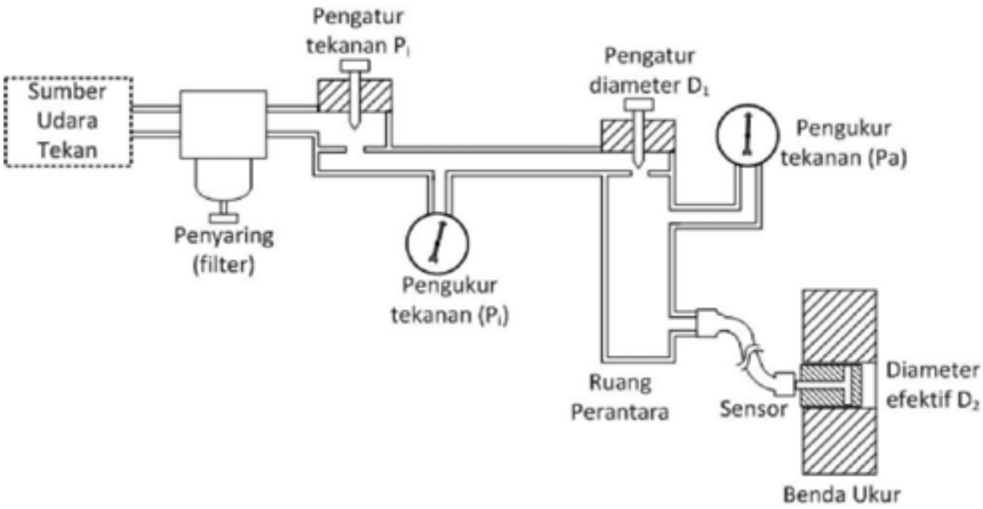


Gambar 3.8 Pengubah pneumatis sistem tekanan balik.

b. Sistem Kecepatan Aliran (*Flow Velocity System)*

Kalau sistem tekanan balik berdasarkan atas perubahan tekanan, maka berbeda halnya dengan sistem kecepatan aliran yang bekerja atas dasar perubahan kecepatan aliran udara. Dalam sistem kecepatan aliran udara, lubang pengatur diameter efektip tidak diperlukan lagi. Akan tetapi, perubahan luas penampang efektif A masih diperlukan karena perubahan A akan mempengaruhi kecepatan aliran udara. Kecepatan aliran udara ini dapat diukur dengan menggunakan tabung gelas yang didalamnya dilengkapi dengan pengapung, juga dilengkapi dengan skala ukuran. Bila terjadi perubahan aliran udara maka pengapung tersebut akan naik turun.

Pada kedudukan tertentu pengapung akan seimbang ini berarti gaya berat pengapung seimbang dengan tekanan ke atas dari aliran udara. Makin sempit celah udara antara sensor dengan obyek ukur maka aliran udara makin turun pula kecepatannya sampai pada posisi tertentu pengapung berhenti lagi (seimbang). Demikian pula sebaliknya. Pembacaan celah antara sensor dan obyek ukur dapat dilihat pada skala yang ada pada tabung gelas dengan melihat posisi dari pengapung.



Gambar 3.9 Pengubah pneumatis sistem kecepatan aliran.

3. Elemen manipulasi variabel

Adalah elemen yang memanipulasi variabel yang dihasilkan oleh elemen pengubah variabel. Manipulasi disini diartikan secara khusus sebagai suatu perubahan nilai numerik yang mengikuti aturan tertentu, tetapi sifat fisik dari variabelnya tidak berubah. Misalnya suatu penguat elektronik yang menerima sinyal tegangan kecil sebagai masukan dan menghasilkan sinyal keluaran yang tetap berupa tegangan tetapi beberapa kali lipat lebih besar dari masukannya.

4. Elemen transmisi data

Adalah elemen yang mentransmisikan data dari satu elemen ke elemen lainya bila elemen-elemen tersebut secara fisik terpisah.

5. Elemen Penyaji Data Penunjuk Atau Pencatat

Adalah suatu elemen yang berfungsi untuk menyajikan besaran yang diukur untuk tujuan pemonitoran, pengendalian, atau analisis. Dengan demikian informasi tersebut harus disajikan dalam bentuk yang dapat diterima oleh salah satu indra manusia.

Hampir semua alat ukur mempunyai bagian yang disebut dengan penunjuk atau pencatat kecuali beberapa alat ukur batas atau standar. Dari bagian penunjuk inilah dapat dibaca atau diketahui

besarnya harga hasil pengukuran. Secara umum, penunjuk/ pencatat ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu Penunjuk yang mempunyai skala, dan Penunjuk berangka (sistem digital).

C. Karakteristik Kerja Alat Ukur

1. Kalibrasi

Kalibrasi mengacu kepada suatu keadaan dimana semua masukan (yang dikehendaki, yang mengganggu, yang mengubah) kecuali satu masukan dipertahankan pada nilai tetap, Masukan yang dipelajari tersebut kemudian diubah-ubah sepanjang rentang nilai konstanta yang sama, yang menyebabkan nilai keluaran berubah sepanjang rentang nilai konstanta tertentu. Prosedur yang sama diulangi secara bervariasi sesuai dengan setiap masukan yang teliti berdasarkan minat, sehingga mengembangkan satu kumpulan hubungan masukan-keluaran statis. Jumlah data yang sedikit dapat dihitung secara statistik untuk memeperoleh nilai spesifik dari suatu tes signifikansi. Hubungan masukan-keluaran harus disajikan dengan grafik yang menyatakan keadaan ketika hubungan tersebut dibuat. Curve fitting yang dibuat nampaknya memegang peranan penting dalam menggambarkan hubungan masukan-keluaran alat ukur. Metode kuadrat terkecil dari suatu curve fitting digunakan untuk tujuan ini dalam penggunaaan yang luas. Tidak mungkin melakukan kalibrasi suatu alat ukur dengan ketepatan lebih besar dari standar kalibrasi pembanding. Suatu aturan yang sering diikuti adalah suatu standar kalibrasi yang paling sedikit mempunyai ketepatan 10 kali alat ukur yang dikalibrasi. Jadi adalah amat penting bahwa orang yang melakukan kalibrasi alat ukur harus yakin bahwa standar kalibrasi mempunyai ketepatan yang memadai sebagai pembanding.

Pada penggunaan yang berkesinambungan, mungkin terjadi bahwa setelah beberapa waktu alat ukur mengalami kesalahan nilai nol. Jadi bagi semua jenis alat ukur kalibrasi angka nol dan jangka waktunya perlu dilakukan. Penting pula bagi pemakai untuk mengetahui bagaimana kalibrasi dilakukan.

Rantai Kalibrasi.

Kadang-kadang alat-alat ukur yang habis dipakai harus dicek kembali ketepatannya dengan membandingkannya pada alat ukur standar. Proses seperti ini biasa disebut dengan istilah kalibrasi. Kalibrasiadalah mencocokkan harga-harga yang ada pada skala ukur dengan harga-harga standar atau harga sebenarnya. Sebetulnya, kalibrasi ini tidak saja dilakukan pada alat-alat ukur yang sudah lama atau habis dipakai, tetapi juga untuk alat-alat ukur yang baru dibuat. Pemeriksaan alat-alat ukur standar panjang dapat dilakukan melalui rangkaian sebagaiberikut:

Tingkat 1 : Pada tingkat ini kalibrasi untuk alat ukur kerja dengan alatukur standar kerja.

Tingkat 2 :Pada tingkatan yang kedua, kalibrasi dilakukan untuk alatukur standar kerja terhadap alat ukur standar.

Tingkat 3 :Pada tingkat yang ketiga, dilakukan kalibrasi alat ukurstandar dengan alat ukur standar yang mempunyai tingkatanyang lebih tinggi, misalnya standar nasional.

Tingkat 4 :Pada tingkat terakhir ini, dilakukan kalibrasi standar nasionaldengan standar meter internasional.

Dengan urut-urutan kalibrasi di atas maka dapat dijamin bahwaalat-alat ukur panjang masih tetap tepat dan teliti untuk digunakan dalambengkel kerja. Di samping itu, dengan adanya rantai kalibrasi di atas dapat dihindari terjadinya pemeriksaan langsung alat ukur standar kerjadengan standar meter internasional.

2. Ketelitian

Ketelitian juga dikenal sebagai reproduksibiltas. Ketelitian pembacaan merupakan kecocokan antara pembacaan- pembacaan itu sendiri. Jika nilai yang sama dari peubah yang terukur, diukur beberapa kali dan memberikan hasil yang kurang lebih sama, maka alat ukur tersebut dikatakan mempunyai ketelitian atau reproduksibilitas tinggi, dan juga berarti alat ukur tidak mempunyai penyimpangan. Penyimpangan nilai alat ukur yang telah dikalibrasi disebabkan oleh berbagai faktor seperti kontaminasi logam pada termokopel. Hal ini terjadi secara berangsur-angsur dalam suatu perioda waktu dan nampaknya tidak diperhatikan.

Penyimpangan ini hanya dapat diketahui melalui pemeriksaan secara berkala kalibrasi alat ukur.

3. Ketepatan

Ketapatan didefinisikan sebagai tingkat perbedaan yang sekecil-kecilnya antara nilai pengamatan dengan nilai sebenarnya. Untuk memperoleh ketapatan yang diharapkan kalibrasi alat ukur, perlu dilakukan secara berkala dengan menggunakan standar konstan yang telah diketahui. Meskipun semua pemakai alat ukur bertujuan agar selalu memperoleh tingkat ketepatan setinggi mungkin, namun kesalahan relatif tetap harus diingat. Ukuran relatif suatu kesalahan biasanya dinyatakan dalam lingkup nilai ssungguhnya dari kuantitas yang diukur, sebagai persentase. Sebagai contoh bila termokopel digunakan untuk mengukur suhu api, misalnya pada 1000 ^{o}C dengan ketapatan ± 5 ^{o} C, maka persentasi keselahannya adalah

$$\pm \frac{5}{1000} \times 100 = \pm 0{,}5\ \%$$

Namun bila kesalahan ± 5 ^{o} C terjadi pada pengukuran suhu air mendidih pada 100 ^{o} C, maka persentase keselahannya adalah

$\pm \frac{5}{100} \times 100 = \pm 5\ \%$ jauh lebih serius kesalahannya.

Dalam kasus alat ukur terdiri dari beberapa satuan (seperti orifice plate dan manometer pada satu flow meter), tiap satuan memiliki batas kesalahannya masing-masing. Katakanlah alat ukur terdiri dari tiga satuan, batas kesalannya berturut-turut adalah ±a,±b,±c. Maka kemungkinan kesalahan maksimum adalah ± (a +b+c). Tak mungkin semua satuan mempunyai kesalahan maksimum pada waktu yang sama. Jadi ketepatannya sering dinyatakan dalam akar jumlah kuadrat kesalahan ± $\sqrt{\ }(a^2+b^2+c^2$

Untuk memberikan gambaran lengkap mengenai ketepatan suatu alat ukur, suatu grafik harus digambarkan yang menunjukan nilai kesalahan di berbagai titik pada skala dan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Mula-mula alat ukur harus dikalibrasi pada satu arah dan kemudian pada arah

yang lain, atau arah sebaliknya. Dengan cara ini diperoleh dua kurva yang menunjukkan nilai kesalahan dan histerisis pada tiap pembacaan. Histerisis biasanya disebabkan oleh gesekan atau gerak balik (back klash) pada gerakan alat ukur atau karena perubahan pegas pengendali. Kurva seperti itu dapat digunakan untuk mengoreksi pembacaan alat ukur.

4. Kepekaan

Kepekaan alat ukur secara umum mengacu kepada dua hal. Pada beberapa kasus kepekaan menyatakan perubahan terkecil nilai peubah yang diukur di mana alat ukur memberikan tanggapan sementara aliran pemikiran lain menganggap kepekaan sebagai ukuran perubahan yang dihasilkan oleh alat ukur untuk suatu perbahan peuabah yang diukur.

Kepekaan alat ukur menyangkut masalah kemampuan dari alat ukur untuk memonitor perbedaan yang kecil dari harga-harga yang diukur. Kepekaan suatu alat ukur berkaitan erat dengan sistem mekanisme dari pengubahnya. Makin teliti sistem pengubah mengolah isyarat dari sensor maka makin peka pula alat ukurnya.

5. Daerah mati (Dead zone)

Daerah mati (dead zone) adalah rentang nilai terbesar dari peubah yang diukur di maa alat ukur tidak memberikan tanggapan. Daerah mati biasanya terjadi krena gesekan pada alat penunjuk dan alat pencatat paling sering terjadi pada alat pencatat. Juga ditemukan jenis mekanisme tertentu yang hanya dapat menunjukkan sedikit perubahan dan perubahan diskret dari nilai peubah yang diukur.

6. Jangkauan (Rangeability)

Jangkauan (rangeabilitas) dari instrumen biasanya diartikan perbandingan pembacan meter maksimum ke pembacan meter minimum, di mana kesalahan kurang dari harga yang dinyatakan. Dalam hal pengukuran yang mempunyai jarum atau pena, ketidakmampuan pemakai untuk menafsirkan perpindahan kecil dari jarum atau pena secara tepat, membatasi jangkauan. Pengukur sempurna tidak lebih baik daripada apa yang dapat dibacanya. Karena itu kesalahan pembacan harus ditambahkan ke faktor-faktor lain yang membatasi ketelitian dalam pengkur sebenarnya,

seperti misalnya geseran, gerakan yang hilang dan sebagainya dalam menentukan ketelitian pengukur. Dalam hal pengaruh kesalahan pada besaran total yang diukur sangat kecil, dapat diterima jangkauan (rangeabilitas) yang lebih tinggi. Sebaliknya kalau instrumen digunakan untuk kendali (kontrol), atau untuk pengukuran bahan dalam pabrik, ketelitian yang tinggi seperti persentasi harga sebenarnya akan diperlukan yang sebagai akibatnya membatasi jangkauan yang dapat diterima.

7. Kesalahan pengukuran

Dalam melakukan pengukuran fisik, tujuan utamanya adalah memperoleh suatu nilai yang terdiri dari satuan yang diplih dan besarannya, yang akan menyatakan besar kuantitas fisik yang diukur. Sebagai contoh dalam pengukuran tekanan, satuan yang diplih adalah bar dan besranya adala 100 jadi 100 bar. Tingkat kegagalan dalam mensfesikasi besaran ini secra pasti, dan ini berarti pula variasi kuantitas nilai yang dinayatakan dari nilai sebenarnya, merupakan kesalahan pengukuran.

Kesalahan ini muncul dalam sistem pengukuran itu sendiri dan dari standar yang digunakan untuk kalibrasi sistem tersebut. Sebagai tambahan untuk kesalahan yang dihasilkan dari kalibrasi sistem pengukuran yang salah, ada sejumlah sumber kesalahanyang perlu diperiksa. Sumber kesalahan ini meliputi (1) derau (noise), waktu tanggap (respone time), (3) keterbatasan rancangan (design limitation), (4) pertambahan atau kehilangan energi karena interaksi, (5) transmisi , (6) keausan atau kerusakan sistem pengukuran, (7) pengaruh ruangan terhadap sistem, (8) kesalahan penafsiran oleh pengamat.

Dalam memperkirakan besar ketidak pastian atau kesalahan dalam menyatakan nilai kuantitas sebagai hasil pegukuran, harus dibedakan antara dua golongan kesalahan : sistematis dan acak. Kesalahan sistematis adalah kesalahan yang secara konsisten terulang apabila dilakukan pengulangan percobaan. Kesalahan kalibrasi sistem pengukuran atau suatu perubahan dalam sistem yang menyebabkan penunjuk menyimpang secara konsisten dari nilai kalibrasi merupakan kesalahan jenis ini. Contohnya antara lain adalah perubahan kelenturan pegas atau diafragma karena umur atau penurunan kekuatan magnit karena shock atau tua. Kegagalan

memperhitungkan pengguanaan energi dari sumber tingkat rendah untuk mengoprasikan sistem pengukuran juga akan menghasilkan kesalahan sistematis.

Dalam mencari kesalahan sistematis dan mengevaluasinya, secara umum cukup membantu dengan membuat suatu perubahan tertentu dan diketahui terhdap paarameter-parameter pengukuran yang masih berada di bawah kendali operator, dan menggunakan alat ukur yang berbeda, atau jika mungkin menggunakan alat ukur yang berbeda. Dengan cara ini, kesalahan yang merupakan fungsi dari salah satu diantara parameter-parameter terkendali diubah besarnya; atau kesalahan yang timbul dari kesalahan kalibrasi alat ukur atau kesalahan yang melekat pada metode tertentu dapat diubah. Kesalahan acak adalah kesalahan yang terjadi secara kebetulan, besarnya berfluktuasi tanpa bisa diduga dengan menggunakan pengetahuan sistem pengukuran dan kondisi pengukuran.

Dalam pengukuran kuantitas fisik, pengamatan dipengarhi oleh banyak faktor pendukung. Faktor-faktor ini adalah parameter parameter pengukuran. Pada pengukuran yang ideal semua parameter mempunyai nilai tertentu yang tetap, sehingga besaran yang diukur ditetapkan secara sempurna dan dapat ditentukan secara pasti.

Tersedia prosedur statistik yang memungkinkan untuk menyatakan nilai kuantitas yang paling mungkin dari sekumpulan data, kemungkinan timbulnya ketidakpastian dari suatu pengamatan, dan batas kemungkinan ketidakpastian dari nilai terbaik yang dapat diperoleh dari data. Harus dicatat bahwa tujuan analisis adalah ketelitian (atau konsistensi) suatu nilai bukan ketepatan atau pendekatan kepada kebenaran. Hukum-hukum peluang hanya berlaku bagi kesalahan acak, bukan bagi kesalahan sistematis. Teknik rata-rata atau perkiraan varian dapat digunakan untuk analisis ketidakpastian yang sederhana. Cara ini hanya cocok bila data mengikuti hukum sebaran normal. Untuk prosedur statistik dan teori kemungkinan selanjutnya, seperti yang diterapkan untuk pengolahan data, pembaca dapat mempelajarinya lebih lanjut dalam buku statistik dan probabilitas.

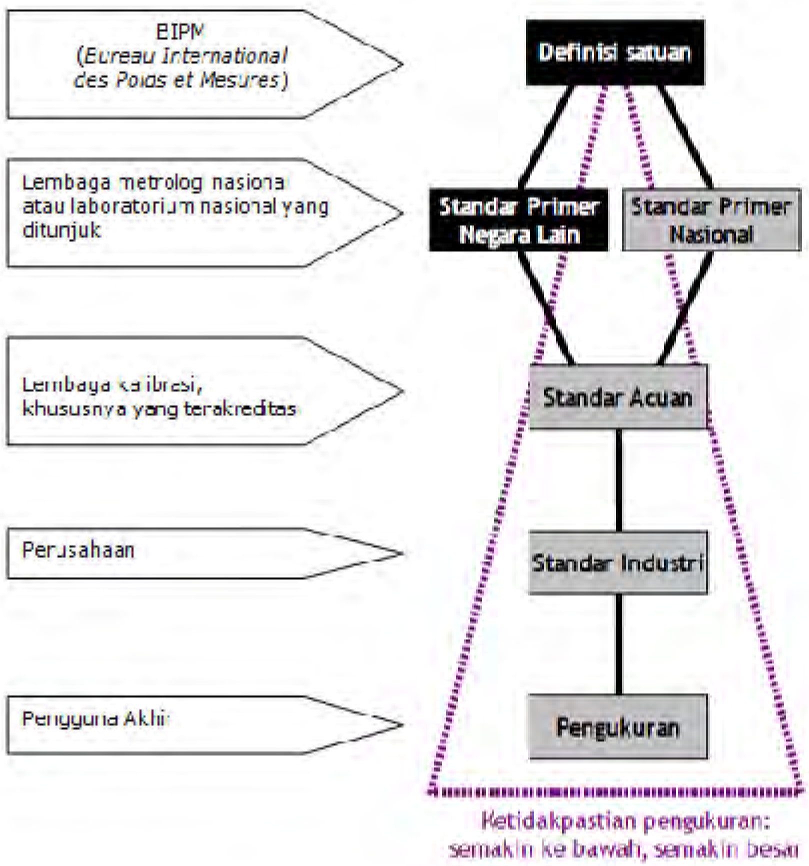
8. Kestabilan Nol (Zero Stability)

Pada waktu mengukur dengan jam ukur, kemudian secara tiba-tiba diambil benda ukurnya, maka seharusnya jarum penunjuk kembali pada posisi nol semula. Akan tetapi, sering terjadi bahwa jarum penunjuknya tidak kembali ke posisi nol. Keadaan ini disebut dengan kestabilan nol yang tidak baik. Salah satu penyebab tidak kembalinya pada posisi nol adalah adanya keausan pada sistem penggerak jarum penunjuk. Dengan demikian jelaslah bahwa banyak sekali hal-hal yang dapat menimbulkan penyimpangan dalam pengukuran yang salah satunya disebabkan oleh sifat-sifat dari alat ukur itu sendiri. Oleh karena itu, untuk mengurangi banyaknya penyimpangan perlu dilakukan pengecekan alat- alat ukur, baik yang belum digunakan lebih-lebih lagi untuk alat-alat ukur yang sering digunakan. Jadi, kalibrasi alat ukur memang sangat diperlukan, disamping untuk mengecek sifat-sifat dari alat ukur. Kalau hal yang demikian ini dilakukan secara rutin maka penyimpangan pengukuran yang timbul dari alat ukur bisa dikurangi menjadi sekecil mungkin.

9. Ketertelusuran (Traceability)

Kemampuan telusur (traceability) sangat erat kaitannya dengan kegiatan kalibrasi, yaitu sifat dari alat ukur dan bahan ukur yang dapat menghubungkan ke standar yang lebih tinggi sampai ke standar nasional dan atau internasional yang dapat diterima sebagai system pengukuran melalui suatu mata rantai tertentu. Secara umum semua bahan ukur, alat ukur harus tertelusur ke standar yang lebih tinggi akurasinya, standar-standar yang dipakai sebagi acuan adalah sbb:

a. Standar Kerja (Working Standard) – merupakan pembanding dari alat-alat ukur industri berada di laboratorium kalibrasi industri-industri
b. Standar Acuan (Reference Standard) – merupakan pembanding dari standar-standar kerja dan berada di Pusat- pusat Kalibrasi yang terakreditasi (KAN)
c. Standar Nasional (National Standard) – merupakan pembanding dari pusat- pusat kalibrasi (JNK). Standar tersebut berada di Puslit KIM-LIPI, Serpong.



Gambar 3.10. Rantai ketertelusuran

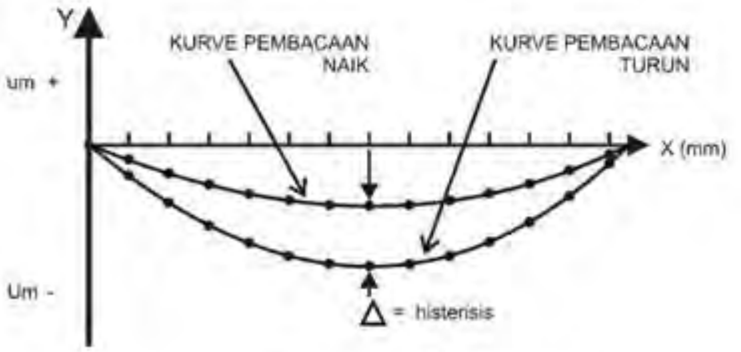
d. Standar Internasional (International Standard) – merupakan pembanding dari Institusi Metrologi Nasional (NMI) di masing-masing negara yang dikordinasikan secara regional yang berpusat di BIPM, International Intercomparation

Dengan adanya sifat ketertelusuran akan menjamin standar ukuran untuk kelancaran kerja bagi semua pihak dalam menyatukan pengertian teknik antar negara yang mempunyai kepentingan bersama. Khususnya sebagai dasar yang tepat bagi pembuatan komponen dengan sifat mampu tukar

Sebuah rantai ketertelusuran, seperti pada Gambar 3.10, merupakan suatu rantai tak terputus dari beberapa perbandingan, yang masing-masing dinyatakan dengan suatu ketidakpastian. Hal ini untukmemastikan bahwa suatu hasil pengukuran atau nilai dari suatu standar terpaut dengan suatu acuan yang lebih tinggi, dan seterusnya hingga standar primer.

10. Kemudahan Baca (Readability)

Kalau kepekaan berkaitan erat dengan sistem pengubah maka kemudahan baca berkaitan erat dengan sistem skala yang dibuat. Jadi, kemampuan alat ukur untuk menunjukkan harga yang jelas pada skala ukurnya dapat diartikan sebagai kemudahan baca alat ukur tersebut.



Gambar 3.11 Histerisis

Disini, pembuatan skala nonius dengan sistem yang lebih terinci memegang peranan penting dalam masalah kemudahan baca. Akhir-akhir ini sistem penunjuk digital secara elektronis banyak digunakan dalam rangka mencari kemudahan baca yang tinggi.

Perbedaan tersebut timbul karena pada waktu poros jam ukur bergerak ke atas banyak gaya-gaya yang harus dilawannya seperti gaya pegas dan gaya gesek, pada waktu poros jam ukur turun gaya pegas malah mendorongnya tetapi gaya gesekan harus dilawannya. Kita lihat garis grafik waktu naik berbeda dengan garis grafik waktu turun. Seharusnya garis grafik waktu turun dan garis grafik waktu naik dapat berimpit walaupun kesalahan pengukuran dapat terjadi. Untuk menghindari histerisis maka gesekan poros dengan bantalannya harus dibuat seminimum mungkin. Kalaupun ada pengaruh histerisis, pengaruh ini dapat dikurangi dengan jalan membuat tinggi susunan blok ukur kira-kira sama dengan tinggi benda ukur, sehingga dengan demikian perbedaan ukuran yang ditunjukkan oleh jam ukur adalah relatif kecil.

11. Kepasifan

Kadang-kadang sewaktu dilakukan pengukuran terjadi pula bahwa jarum penunjuk skala tidak bergerak sama sekali pada waktu terjadi perbedaan harga yang kecil. Atau dapat dikatakan isyarat yang kecil dari sensor alat ukur tidak menimbulkan perubahan sama sekali pada jarum penunjuknya. Keadaan yang demikian inilah yang sering disebut dengan kepasifan atau kelambatan gerak alat ukur. Untuk alat-alat ukur mekanis kalaupun terjadi kepasifan atau kelambatan gerak jarum penunjuknya mungkin disebabkan oleh pengaruh pegas yang sifat elastisnya kurang sempurnya. Pada alat ukur pneumatis juga sering terjadi kepasifan ini misalnya lambatnya reaksi dari barometer padahal sudah terjadi perubahan tekanan udara. Hal ini disebabkan volume udaranya terlalu besar akibat dari terlalu panjangnya pipa penghubung sensor dengan ruang perantara.

12. Pergeseran (Shifting)

Pergeseran adalah penyimpangan yang terjadi dari harga-harga yang ditunjukkan pada skala atau yang tercatat pada kertas grafik padahal sensor tidak melakukan perubahan apa-apa. Kejadian seperti ini sering disebut dengan istilah pergeseran, banyak terjadi pada alat-alat ukur elektris yang komponen-komponennya sudah tua.

13. Pengambangan (Floating)

Kadang-kadang terjadi pula jarum penunjuk dari alat ukur yang digunakan posisinya berubah-ubah. Atau kalau penunjuknya dengan sistem digital angka paling kanan atau angka terakhir berubah-ubah. Kejadian seperti ini dinamakan pengambangan. Kepekaan dari alat ukur akan membuat perubahan kecil dari sensor diperbesar oleh pengubah. Makin peka alat ukur makin besar pula kemungkinan terjadinya pengambangan. Untuk itu, bila menggunakan alat ukurdihindari adanya kotoran atau getaran, juga harus digunakan metode pengukuran yang secermat mungkin.

D. Kesalahan Pada Pengukuran

1. Sumber Kesalahan pada Pengukuran

Dalam proses pengukuran paling tidak ada tiga faktor yang terlibat yaitu alat ukur, benda ukur dan orang yang melakukan pengukuran. Hasil pengukuran tidak mungkin mencapai kebenaran yang absolut karena keterbatasan dari bermacam faktor. Yang diperoleh dari pengukuran adanya hasil yang dianggap paling mendekati dengan harga geometris obyek ukur. Meskipun hasil pengukuran itu merupakan hasil yang dianggap benar, masih juga terjadi penyimpangan hasil pengukuran. Masih ada faktor lain lagi yang juga sering menimbulkan penyimpangan pengukuran yaitu lingkungan yang kurang tepat.

2. Kesalahan pengukuran karena alat ukur

Di muka telah disinggung adanya bermacam-macam sifat alat ukur. Kalau sifat-sifat yang merugikan ini tidak diperhatikan tentu akan menimbulkan banyak kesalahan dalam pengukuran. Oleh karena itu, untuk mengurangiterjadinya penyimpangan pengukuran sampai seminimal mungkin maka alat ukur yang akan dipakai harus di kalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi ini diperlukan disamping untuk mengecek kebenaran skala ukurnya juga untuk menghindari sifat-sifat yang merugikandarialatukur,seperti kestabilannol,kepasifan, pengambangan, dan sebagainya.

3. Kesalahan pengukuan karena benda ukur

Tidak semua benda ukur berbentuk pejal yang terbuat dari besi, seperti rol atau bola baja, balok dan sebagainya. Kadang-kadang benda ukur terbuat dari bahan alumunium, misalnya kotak-kotak kecil, silinder, dan sebagainya. Benda ukur seperti ini mempunyai sifat elastis, artinya bila ada beban atau tekanan dikenakan pada benda tersebut maka akan terjadi perubahan bentuk. Bila tidak hati-hati dalam mengukur benda-benda ukur yang bersifat elastis maka penyimpangan hasil pengukuran pasti akan terjadi. Oleh karena itu, tekanan kontak dari sensor alat ukur harus diperkirakan besarnya. Di samping benda ukur yang elastis, benda ukur tidak elastis pun tidak menimbulkan penyimpangan pengukuran misalnya batang besi yang

mempunyai penampang memanjang dalam ukuran yang sama, seperti pelat besi, poros-poros yang relatif panjang dan sebagainya. Batang-batang seperti ini bila diletakkan di atas dua tumpuan akan terjadi lenturan akibat berat batang sendiri. Untuk mengatasi hal itu biasanya jarak tumpuan ditentukan sedemikian rupa sehingga diperoleh kedua ujungnya tetap sejajar. Jarak tumpuan yang terbaik adalah 0.577 kali panjang batang dan juga yang jaraknya 0.544 kali panjang batang. Gambar 3.11 menunjukkan letak tumpuan yang seharusnya dipasang. Titik tumpuan ini biasanya disebut dengan Titik Airy (Airypoint).



Gambar 3.12 Kesalahan pengukuan karena benda ukur

Kadang-kadang diperlukan juga penjepit untuk memegang benda ukur agar posisinya mudah untuk diukur. Pemasangan penjepit ini pun harus diperhatikan betul-betul agar pengaruhnya terhadap benda kerja tidak menimbulkan perubahan bentuk sehingga bisa menimbulkan penyimpangan pengukuran.

4. Kesalahan pengukuran karena faktor si pengukur

Bagaimanapun presisinya alat ukur yang digunakan tetapi masih juga didapatkan adanya penyimpangan pengukuran, walaupun perubahan bentuk dari benda ukur sudah dihindari. Hal ini kebanyakan disebabkan oleh faktor manusia yang melakukan pengukuran. Manusia memang mempunyai sifat-sifat tersendiri dan juga mempunyai keterbatasan. Sulit diperoleh hasil yang sama dari dua orang yang melakukan pengukuran walaupun kondisi alat

ukur, benda ukur dan situasi pengukurannya dianggap sama. Kesalahan pengukuran dari faktor manusia ini dapat dibedakan antara lain sebagai berikut: kesalahan karena kondisi manusia, kesalahan karena metode yang digunakan, kesalahan karena pembacaan skala ukur yang digunakan. sedikit mengalami perubahan. Akibatnya, kalau tidak terkontrol tentu hasil pengukurannya juga ada penyimpangan. Atau mungkin juga penglihatan yang sudah kurang jelas walau pakai kaca mata sehingga hasil pembacaan skala ukur juga tidak tepat. Jadi, kondisi yang sehat memang diperlukan sekali untuk melakukan pengukuran, apalagi untuk pengukuran dengan ketelitian tinggi.

Ada beberapa faktor yang harus dimiliki oleh seseorang yang akan melakukan pengukuran yaitu:

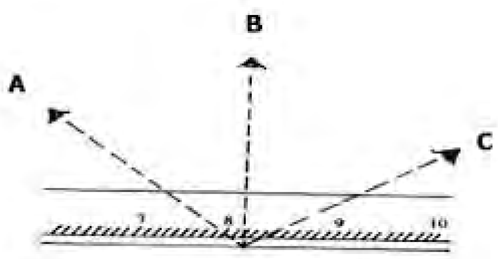
a. Memiliki pengetahuan teori tentang alat ukur yang memadai dan memiliki ketrampilan atau pengalaman dalam praktek pengukuran.
b. Memiliki pengetahuan tentang sumber-sumber yang dapat menimbulkan penyimpangan dalam pengukuran dan sekaligus tahun bagaimana cara mengatasinya.
c. Memiliki kemampuan dalam persoalan pengukuran yang meliputibagaimanamenggunakannya,bagaimana mengkalibarasi dan bagaimana memeliharanya.

5. Kesalahan Karena Metode Pengukuran yang Digunakan

Alat ukur dalam keadaan baik, badan sehat untuk melakukan pengukuran, tetapi masih juga terjadi penyimpangan pengukuran. Hal ini tentu disebabkan metode pengukuran yang kurang tepat. Kekurang tepatanya metode yang digunakan ini berkaitan dengan

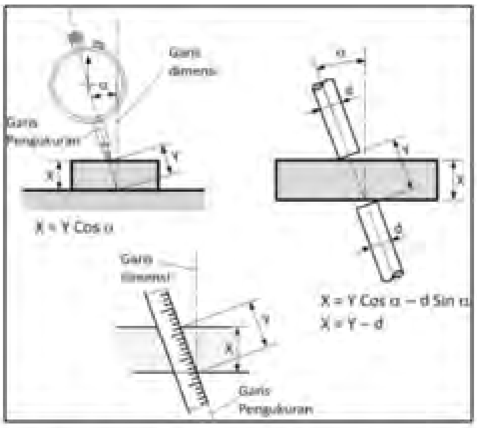
1) Posisi sudut pandang membaca skala ukur

Perhatikan gambar 1.15 di bawah ini, manakah yang menghasilkan ukuran yang tepat?



Gambar 3.13 Sudut Pandang Pembacaan Alat ukur

2) Cara memegang dan meletakkan alat ukur pada benda kerja juga akan mempengaruhi ketepatan hasil pengukuran. Misalnya posisi ujung sensor jam ukur, posisi mistar baja, posisi kedua rahang ukur jangka sorong, posisi kedua ujung ukur dari mikrometer, dan sebagainya. Bila posisi alat ukur ini kurang diperhatikan letaknya oleh si pengukur maka tidak bisa dihindari terjadinya penyimpangan dalam pengukuran. Dalam Gambar 1.16 dapat dilihat beberapa contoh posisi alat ukur yang kurang tepat pada waktu melakukan pengukuran.



Gambar 3.14 Kesalahan Karena Pengaturan Posisi Alat Ukur Tidak Tepat

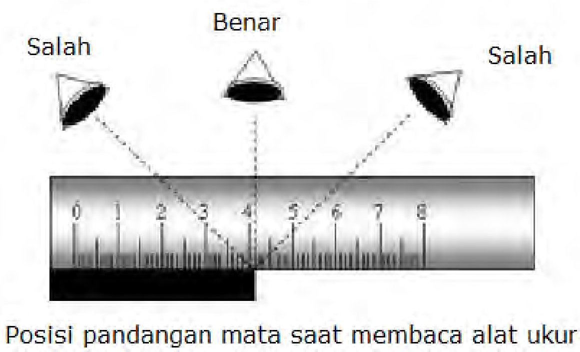
3) Cara memilih alat ukur dan cara menggunakan atau memegang alat ulur.

   Misalnya benda yang akan diukur diameter poros dengan ketelitian 0.01 milimeter. Alat ukur yang digunakan adalah mistar baja dengan ketelitian 0.1 milimeter. Tentu saja hasil

pengukurannya tidak mendapatkan dimensi ukuran sampai 0.01 milimeter. Kesalahan ini timbul karena tidak tepatnya memilih alat ukur.

6. Kesalahan Karena Pembacaan Skala Ukur

Faktor manusia sangat menentukan sekali dalam proses pengukuran. Kurang terampilnya seseorang dalam membaca skala ukur dari alat ukur yang sedang digunakan akan mengakibatkan banyak terjadi penyimpangan hasil pengukuran. Kebanyakan yang terjadi karena kesalahan posisi waktu membaca skala ukur. Kesalahan ini sering disebut, dengan istilah paralaks.



Gambar 3.15 Posisi Membaca Skala

7. Kesalahan karena faktor lingkungan

Ruang laboratorium pengukuran atau ruang-ruang lainnya yang digunakan untuk pengukuran harus bersih, terang dan teratur rapi letak peralatan ukurnya. Ruang pengukuran yang banyak debu atau kotoran lainnya sudah tentu dapat menganggu jalannya proses pengukuran. Ruang pengukuran juga harus terang, karena ruang yang kurang terang atau remang-remang dapat mengganggu dalam membaca skala ukur yang hal ini juga bisa menimbulkan penyimpangan hasil pengukuran. Akan tetapi, suhu atau temperatur ruangan pengukur terjaga pada suhu 20°C.

E. Klasifikasi Alat Ukur

Obyek ukur mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi. Adanya variasi bentuk dan ukuran inilah yang menyebabkan timbulnya berbagai jenis alat ukur dan jenis pengukuran. Untuk jenis pengukuran sudah dibicarakan di atas, jenis alat ukur perlu juga dibicarakan yang dititik beratkan pada sifat alat ukur itu sendiri maupun pada jenis benda yang diukur.

Menurut cara kerja dari alat ukur maka alat ukur dapatdiklasifikasikan sebagai berikut: alat ukur mekanis, alat ukur elektris, alat ukur optis, alat ukur mekanis optis dan alat ukur pneumatis. Ini semua sudah dibicarakan pada bagian pengubah alat ukur.

Menurut sifat dari alat ukur maka alat ukur dapat dibedakan menjadi:

a. Alat ukur langsung, hasil pengukurannya dapat langsung dapat dibaca pada skala ukurnya. Misalnya jangka sorong, mikrometer dan sebagainya.
b. Alat ukur pembanding, alat ukur yang mempunyai skala ukur yang telah dikalibrasi. Dipakai sebagai pembanding alat ukur yang lain. Misalnya: jam ukur (*dial indicator*), pembanding (*comparator*).
c. Alat ukur standar, alat ukur yang mempunyai harga ukuran tertentu. Biasanya digunakan bersama-sama dengan alat ukur pembanding misalnya: blok ukur (*gauge block*), batang ukur (*length bar*) dan master ketinggian (*height master*).
d. Alat ukur batas, alat ukur yang digunakan untuk menentukan apakah suatu dimensi obyek ukur masih terletak dalam batas-batas toleransi ukuran. Misalnya: kaliber-kaliber batas *Go* dan *No Go*.
e. Alat ukur bantu, alat ukur yang sifatnya hanya sebagai pembantu dalam proses pengukuran. Misalnya: dudukan mikrometer, penyangga/pemegang jam ukur, dan sebagainya.

Menurut jenis dari benda yang akan diukur maka alat ukur dapat pula diklasifikasikan menjadi:

a. Alat ukur-alat ukur linier, baik alat ukur linier langsung maupun alat ukur linier tak langsung.
b. Alat ukur sudut atau kemiringan. Ada alat ukur sudut yang

langsung bisa dibaca skala sudutnya ada juga yang harus menggunakan perhitungan secara matematika.

c. Alat ukur kedataran.
d. Alat ukur untuk mengukur profil atau bentuk.
e. Alat ukur ulir.
f. Alat ukur roda gigi.
g. Alat ukur mengecek kekasaran permukaan.

Alat Ukur Besaran Pokok

a. Panjang (Mistar, Jangka Sorong & Mikrometer Sekrup)
b. Massa (Neraca)
c. Waktu (Stopwatch, Arloji)
d. Kuat Arus Listrik (Ampere meter)
e. Jumlah Zat (Pengukuran Tdk Langsung)
f. Intensitas Cahaya (Lightmeter)

Alat Ukur Besaran Turunan

- Speedometer : mengukur kelajuan
- Dinamometer : mengukur besarnya gaya.
- Higrometer : mengukur kelembaban udara.
- Ohm meter : mengukur tahanan (hambatan) listrik
- Volt meter : mengukur tegangan listrik.
- AVOmeter : mengukur kuat arus, tegangan dan hambatan listrik
- Barometer : mengukur tekanan udara luar.
- Hidrometer : mengukur berat jenis larutan.
- Manometer : mengukur tekanan udara tertutup.
- Kalorimeter : mengukur besarnya kalor jenis zat.

F. Sistem Satuan pada Pengukuran

Untuk dapat melakukan pengukuran diperlukan pemahaman sistem satuan, berikut satuan Pengukuran. Satuan pengukuran pertama adalah yang digunakan dalam perdagangan barter untuk mengukur jumlah barang yang dipertukarkan dan untuk menetapkan aturan yang jelas tentang nilai-nilai relatif dari berbagai komoditas. Sistem awal seperti ini didasarkan pada apa pun yang tersedia saat itu sebagai satuan pengukuran. Untuk

mengukur panjang, digunakan batang tubuh manusia, menghasilkan satuan panjang tangan, kaki, dan hasta. Meskipun pada umumnya memadai untuk sistem perdagangan barter, satuan pengukuran tersebut tentu saja tidak tepat, berubah-rubah jika menggunakan batang tubuh orang yang berbeda. Oleh karena itu, telah terjadi gerakan progresif menuju satuan pengukuran yang jauh lebih akurat.

1. Perbaikan Satuan Pengukuran

- Satuan pengukuran yang pertama kali diperbaiki adalah satuan panjang (meter); didefinisikan sebagai 10^{-7} kali kuadran kutub bumi?
- Sebuah batangan platinum dibuat untuk mewakili panjang ini dan dijadikan sebagai standar panjang pertama di awal abad kesembilan belas.
- Pada tahun 1889, batangan platinum ini diganti dengan batangan standard kualitas unggul yang dibuat dari paduan platinum-iridium.
- Sejak saat itu, penelitian teknologi telah memungkinkan perbaikan-perbaikan dalam membuat standar yang digunakan untuk mendefinisikan panjang.
- Pada tahun 1960, standar meter didefinisikan ulang dengan 1,65076373 x 10^{6} panjang gelombang radiasi dari Krypton-86 dalam ruang hampa.
- Pada tahun 1983, satu meter didefinisikan kembali sebagai panjang lintasan yang ditempuh cahaya selama 1/299792458 detik.
- Selain standard panjang, standar untuk pengukuran besaran fisik lainnya telah ditetapkan dan semakin meningkat.
- Standar terbaru untuk menentukan satuan yang digunakan untuk mengukur berbagai variabel fisik diberikan dalam Tabel berikut.

Table. 3.1
Standard Satuan

Besaran Fisik	Satuan Standar	Definisi
Panjang	Meter	Panjang lintasan yang ditempuh cahaya selama 1/299792458 detik.
Massa	Kilogram	Massa sebuah silinder platinum-iridium yang disimpan di the International Bureau of Weights and Measures, S`evres, Paris.
Waktu	Detik	9,192631770 x 10^9 siklus radiasi dari cesium-133 yang menguap (akurasi 1 dari 10^{12} atau 1 detik dalam 36.000 tahun)
Suhu	Kelvin	Perbedaan suhu antara nol mutlak dan triple point air[1]; didefinisikan sebagai 273,16 kelvin
Arus	Ampere	Satu Ampere adalah arus yang mengalir melalui duakonduktor dengan panjang tak berhingga dan diameter amat kecil ditempatkan terpisah sejauh 1 meter dalam ruang hampa dan menghasilkan kekuatan 2 x 10^{-7} Newton per meter panjang konduktor
Kuat cahaya	Candela	Satu Candela adalah intensitas cahaya dalam arah tertentu dari suatu sumber cahaya yang memancarkan radiasi monokromatik pada frekuensi 540 Terahertz (Hz x 10^{12}) dan dengan kepadatan cahaya 1,4641 mW/steradian. (1 steradian adalah sudut yang memiliki titik di tengah-tengah bola, memotong suatu area permukaan bola sama dengan persegi dengan sisi panjang yang sama dengan jari-jari bola)
Materi	Mol	Jumlah atom Karbon-12 dengan massa 0,012 kg

2. Variasi dan Turunan Satuan Pengukuran

Pembentukan awal standar pengukuran besaran fisika berlangsung di beberapa secara bersamaan, dan akibatnya, beberapa satuan muncul untuk mengukur variabel fisik yang sama. Misalnya, panjang dapat diukur dalam meter, yard, atau beberapa satuan lain. Terlepas dari satuan utama, terdapat pula subdivisi dari satuan standar yang ada. Misalnya, satuan panjang memiliki subdivisi kaki, inci, sentimeter, dan milimeter. Setiap satuan fundamental memiliki hubungan yang tetap dengan subdivisinya. Yard, kaki dan inci adalah satuan Imperial Sistem. Selain itu ada juga Sistem Metrik yang meliputi misalnya satuan meter dan sentimeter dan subdivisi milimeter untuk mengukur panjang. Semua kelipatan dan

---

subdivisi dari satuan metrik dasar memiliki faktor sepuluh, sehingga jauh lebih mudah digunakan daripada Sistem Imperial. Namun, dalam kasus satuan turunan seperti kecepatan, Sistem Metrik memiliki berbagai cara berbeda sehingga dapat menyebabkan kebingungan.

3. Satuan Internasional (SI)

Sebagai hasil dari ini, secara internasional disepakati satuan standar (satuan SI atau Systemes Internationales d'Unit'es) Upaya yang kuat telah dibuat untuk mendorong penerapan sistem ini di seluruh dunia. Untuk mendukung upaya ini, pada mata kuliah ini digunakan sistem SINamun, harus dicatat bahwa sistem Imperial masih banyak digunakan, terutama di Amerika dan Inggris.Uni Eropa sudah merancang undang-undang untuk melarang penggunaan sistem Imperial di Eropa pada 2010 namun batal. Table berikut memperlihatkan satuan SI yang lengkap.K

Tabel 3. 2
Sistem Satuan

(a) Fundamental units

Quantity	*Standard unit*	*Symbol*
Length	metre	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Temperature	kelvin	K
Luminous intensity	candela	cd
Matter	mole	mol

(b) Supplementary fundamental units

Quantity	*Standard unit*	*Symbol*
Plane angle	radian	rad
Solid angle	steradian	sr

(c) Derived units

Quantity	*Standard unit*	*Symbol*	*Derivation formula*
Magnetic flux	weber	Wb	V s
Magnetic flux density	tesla	T	Wb/m^2
Magnetic field strength	ampere per metre	A/m	
Frequency	hertz	Hz	s^{-1}
Luminous flux	lumen	lm	cd sr
Luminance	candela per square metre	cd/m^2	
Illumination	lux	lx	lm/m^2
Molar volume	cubic metre per mole	m^3/mol	
Molarity	mole per kilogram	mol/kg	
Molar energy	joule per mole	J/mol	

(c) Derived units

Quantity	*Standard unit*	*Symbol*	*Derivation formula*
Area	square metre	m^2	
Volume	cubic metre	m^3	
Velocity	metre per second	m/s	
Acceleration	metre per second squared	m/s^2	
Angular velocity	radian per second	rad/s	
Angular acceleration	radian per second squared	rad/s^2	
Density	kilogram per cubic metre	kg/m^3	
Specific volume	cubic metre per kilogram	m^3/kg	
Mass flow rate	kilogram per second	kg/s	
Volume flow rate	cubic metre per second	m^3/s	
Force	newton	N	$kg\,m/s^2$
Pressure	newton per square metre	N/m^2	
Torque	newton metre	N m	
Momentum	kilogram metre per second	kg m/s	
Moment of inertia	kilogram metre squared	$kg\,m^2$	
Kinematic viscosity	square metre per second	m^2/s	
Dynamic viscosity	newton second per square metre	$N\,s/m^2$	
Work, energy, heat	joule	J	Nm
Specific energy	joule per cubic metre	J/m^3	
Power	watt	W	J/s
Thermal conductivity	watt per metre kelvin	W/m K	
Electric charge	coulomb	C	A s
Voltage, e.m.f., pot. diff.	volt	V	W/A
Electric field strength	volt per metre	V/m	
Electric resistance	ohm	Ω	V/A
Electric capacitance	farad	F	A s/V
Electric inductance	henry	H	V s/A
Electric conductance	siemen	S	A/V
Resistivity	ohm metre	Ωm	
Permittivity	farad per metre	F/m	
Permeability	henry per metre	H/m	
Current density	ampere per square metre	A/m^2	

Konversi Satuan Panjang

1 ft. (kaki) = 12 inci = 0,3048 m (meter)
1 mil = 1760 yards = 5280 kaki = 1,609km
1 inchi = 2,540 cm
1 yard = 3 ft (kaki)
1 mikron = 10^{-6} m
1 angstrom = 10^{-10} m
1 furlong = 220 yard = 660 kaki
1 tahun cahaya = 9.460.730.472.580,8 kilometer (sering juga digunakan dalam bidan astrnomi atau fisika)
1 parsec = 3.085678e16 m
1 point sering ditulis 1 pt = 1/27 inchi (satuan ini biasanya digunakan untuk ukuran font)
1 AU (Astronomical Unit) = 149 598 000 kilometer (satuan ini digunakan di bidang astronomi)

Konversi Satuan Luas

1 acre = 43.559,66 $kaki^2$
1 Hektar (ha) = 10,000 m^2
1 acre = 43.560 $kaki^2$ = 0,4047hektar

Konversi Satuan Kecepatan

1 mph (Miles per Hour) = 0,8689762 knot (biasanya untuk kecepatan kapal)
1 knot = 1852 km/jam = 514,44 m/s

Konversi Satuan Volume

1 Liter = 1 dm^3= 1/1000 m^3
1 gallon = 3,785412 L
1 gallon = 16 cup
1 cup = 250 ml = 250 CC
1 barrel = 158,9873 L (biasanya digunakan untuk satuan minyak, banyak dari sobat pasti sering mendengar satuan ini di tv)
1 barrel = 42 US gallon
1 CC = 1 cm3

Konversi Satuan Gaya/Berat

1 N (newton) = 1 kg•m/s^2 = 100.000 dyne
1 Dyne = 10^{-5} N
1 dyne = $2.248*10^{-6}$ lb. (pound)
1 kg = 9,81 N (dipermukaan bumi)
1lb = 16 oz. (ounce) = 4.448N
1 oz. = 28,35 g (gram) = 0,2780N

Konversi Satuan Massa

1 gram = 0,001 kg
1 pound = 0,45359237 kg
1 lb = 0,03108 slug
1 kip = 1000 lb.
1 slug = 14,59 kg
1 imperial ton = 2000 lb = 907,2 kg
1 ton = 1000 kg
1 kwintal = 100 kg
1 troy oz = 480 grain
1 grain = 64,79891 mg
1 g = 5 carat

Konversi Satuan Waktu

1 Hz (hertz) = 1 s^{-1}
1 tahun = 365 hari = 52 minggu = 12 bulan
1 tahun kabisat = 366 hari
1 hari = 24 jam
1 fortnight = 14 hari
1 jam = 60 menti
1 min = 60 seconds
1 millenium = 1000 tahun
1 abad = 100 tahun
1 dekade = 10 tahun
1 windu = 8 tahun
1 lapan (selapan) = 25 hari (istilah jawa)

Konversi Satuan Daya

1 h.p. (horsepower) = 745,7 W (watts)
1 W = 1 J/s

Konversi Satuan Gaya/Kalor

1 Joule = 1 N m
1 BTU (British Thermo Unit) = 1055, 056 J
1 Kalori = 4,1868 Joule
1 Elektron Volt = 1,602177 x 10^{-19} J

Konversi Satuan Tekanan

1 Pascal (Pa) = 1 N/m^2
1 atm =760 mmHg pasa suhu 0°C =1,0132*10^5 N/m2
1 microbar = 0.1 N/m^2

4. Pemilihan Alat Ukur

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih alat ukur antara lain adalah:

1. Jenis besaran proses yang akan diukur.
2. Daerah kerja dari besaran proses.
3. Fungsi tambahan dari alat ukur.
4. Ketelitian dan ketepatan dalam pengukuran.
5. Kepekaan dari alat ukur.
6. Kecepatan tanggap.
7. Kemungkinan bahaya dari proses.
8. Keandalan dan pemeliharaan alat ukur.
9. Masalah instalasi, pemipaan, dan perangkaian.

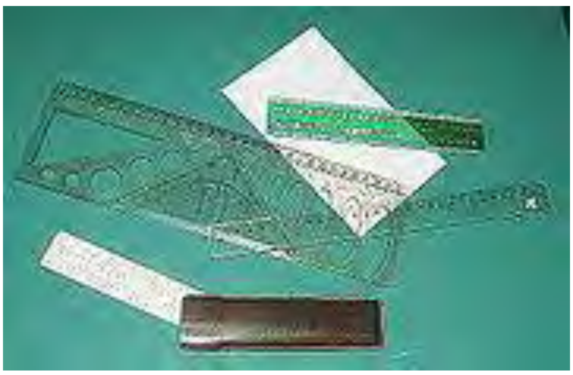
G. Alat Ukur Mekanik

Macam-macam alat ukur mekanik yang digunakan dalam dunia teknik, antara lain :

1. Pengaris

Penggaris adalah sebuah alat pengukur dan alat bantu gambar untuk menggambar garis lurus. Terdapat berbagai macam penggaris, dari mulai yang lurus sampai yang berbentuk segitiga (biasanya segitiga siku-siku sama kaki dan segitiga siku-siku 30°–60°). Penggaris dapat terbuat dari plastik, logam, berbentuk pita dan sebagainya. Juga terdapat penggaris yang dapat dilipat.

Macam-macam penggaris :



Gambar 3.16 macam penggaris



Gambar 3.17 Penggaris tukang kayu 2 meter



Gambar 3.18 Penggaris pita

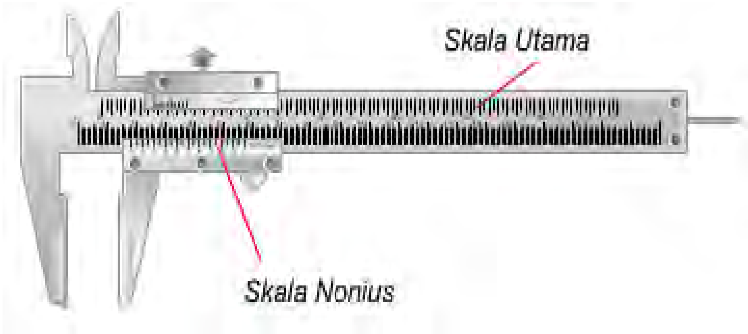
2. Jangka Sorong

Ketelitian pengukuran sangat diperlukan dalam mendesain sebuah alat. Kekurangtelitian sering kali membuat alat tersebut tidak berfungsi optimal atau bahkan tidak berfungsi sama sekali. Contoh sekrup yang akan dipakai memiliki diameter tidak sama dengan pasangannya, walaupun selisih 0,01 mm maka keduanya tidak dapat dirangkai dengan baik. Kalau komponen sekrup ini dipasang pada mobil, tentunya mobil tidak akan berfungsi dengan normal, bahkan bisa menimbulkan kecelakaan. Jangka sorong dan mikrometer sekrup adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur panjang sebuah benda dengan ketelitian yang sangat bagus.

Jangka sorong memiliki batas ketelitian 0,1 mm, artinya ketepatan pengukuran alat ini bisa sampai 0,1 mm terdekat.

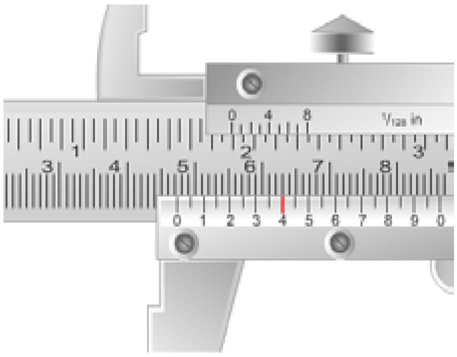
Jangka Sorong memiliki dua macam skala :

- Skala Utama (dalam satuan cm)
- Skala Nonius (dalam satuan mm)



Gambar 3.19 Skala Jangka Sorong

Cara membaca Skala Jangka Sorong



Gambar 3.20 Cara membaca Skala Jangka Sorong

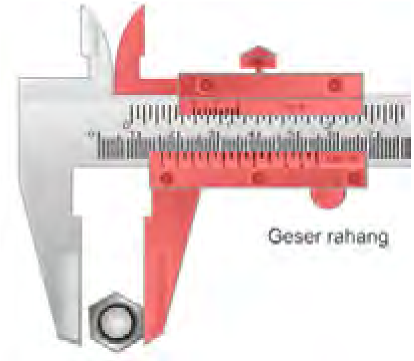
Mula-mula perhatikan skala nonius yang berhimpitan dengan skala utama. Hitunglah berapa skala hingga ke angka nol. Pada gambar, skala nonius yang berimpit dengan skala utama adalah 4 skala. Artinya angka tersebut 0,4 mm. Selaanjutnya perhatikan pada skala utama. Pada skala utama, setelah nol ke belakang menunjukkan angka 4,7 cm. Sehingga diameter yang diukur sama dengan 4,7 cm + 0,4 mm = 4,74 cm.

Fungsi jangka sorong antara lain :

- Mengukur Diameter Luar Benda
- Mengukur Diameter Dalam Benda
- Mengukur Kedalaman Benda

Mengukur Diameter Luar Benda

Cara mengukur diameter, lebar atau ketebalan benda :

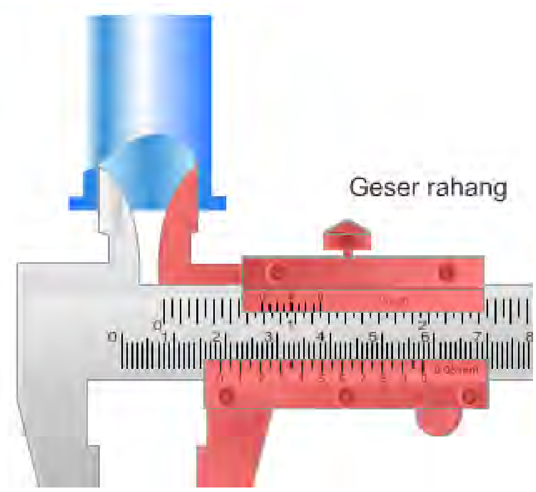


Gambar 3.21 Mengukur Diameter Luar Benda

Putarlah pengunci ke kiri, buka rahang, masukkan benda ke rahang bawah jangka sorong, geser rahang agar rahang tepat pada benda, putar pengunci ke kanan.

Mengukur Diameter Dalam Benda

Cara mengukur diameter bagian dalam sebuah pipa atau tabung.



Gambar 3.22 Mengukur Diameter Dalam

Putarlah pengunci ke kiri, masukkan rahang atas ke dalam benda, geser agar rahang tepat pada benda, putar pengunci ke kanan.



Gambar 3.23 Mengukur Kedalaman Benda

Mengukur Kedalaman Benda

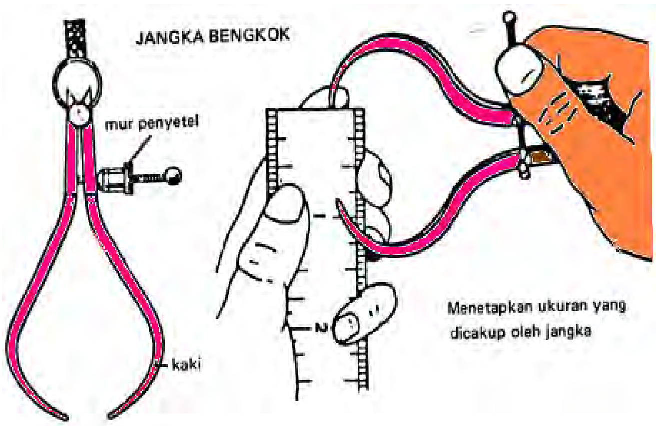
Cara mengukur kedalaman benda, putarlah pengunci ke kiri, buka rahang sorong hingga ujung lancip menyentuh dasar tabung, putar pengunci ke kanan.

3. Jangka

Jangka adalah suatu alat yang terdiri daridua buah plat logam yang dapat bergeser pada salah satu ujungnya dengan suatu engsel. Macam-macam bentuk jangka dan kegunaannya :

Jangka Bengkok

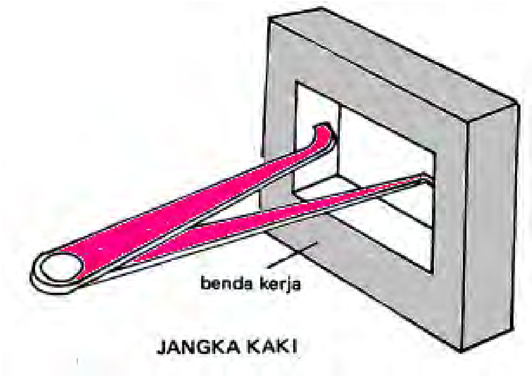
Digunakan untuk mengukur tebal, lebar, panjang dan garis tengah benda yang bulat secara kasar.



Gambar 3.24 Jangka bengkok

Jangka Kaki

Disebut juga jangka dalam karena digunakan untuk mengukur bagian dalam suatu benda kerja.



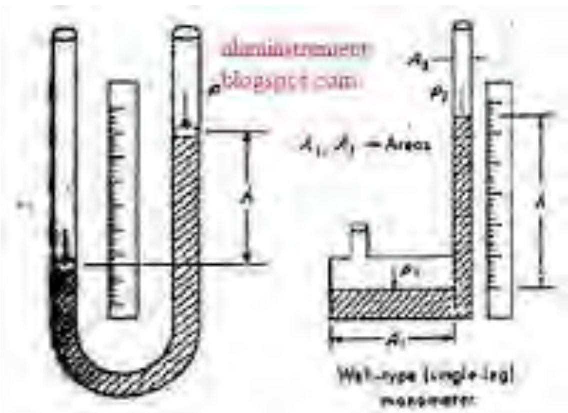
Gambar 3.25 Gambar Jangka kaki

H. Alat Ukur Pneumatik

Alat ukur pneumatik adalah alat ukur yang mengunakan media angin sebagai sumber tenaga penggerak. Contoh-contoh alat ukur pneumatik :

1. Manometer

Adalah alat untuk mengukur tekanan udara tertutup. Satuan yang dipakai bisa Bar, Psi atau Kg/cm^2.



Gambar 3.26 Manometer

2. Compression Tester

Digunakan untuk mengetahui tingkat kompresi di ruang bakar.



Gambar 3.27 Compression Tester

3. Filter Regulator

Filter Regulator digunakan untuk mengatur tekanan udara yang akan digunakan dan untuk menyaring.



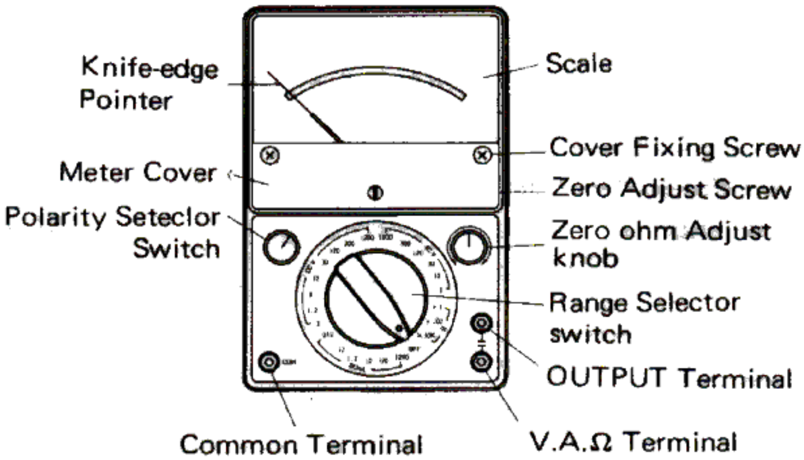
Gambar 3.28 Filter Regulator

I. Alat Ukur Elektronik

Alat ukur elektrik adalah alat ukur yang menggunakan listrik sebagai sumber. Beberapa contoh alat ukur elektrik antara lain :

1. AVO Meter

Seorang teknisi elektronik biasanya memiliki alat pengukur wajib yang mereka gunakan untuk berbagai keperluan teknis yaitu avometer yang merupakan gabungan dari fungsi alat ukur ampermeter untuk mengukur ampere (kuat arus listrik), voltmeter untuk mengukur volt (besar tegangan listrik) dan ohmmeter untuk mengukur ohm **(**hambatan listrik).



Gambar 3.29 Bagian-bagian AVO Meter

Dari gambar AVO meter dapat dijelaskan bagian-bagian dan fungsinya :

1). Sekrup pengatur kedudukan jarum penunjuk (Zero Adjust Screw), berfungsi untuk mengatur kedudukan jarum penunjuk dengan cara memutar sekrupnya ke kanan atau ke kiri dengan menggunakan obeng pipih kecil.

2). Tombol pengatur jarum penunjuk pada kedudukan zero (Zero Ohm Adjust Knob), berfungsi untuk mengatur jarum penunjuk pada posisi nol. Caranya : saklar pemilih diputar pada posisi Ω

(Ohm), test lead + (merah dihubungkan ke test lead – (hitam), kemudian tombol pengatur kedudukan 0 Ω diputar ke kiri atau ke kanan sehingga menunjuk pada kedudukan 0 Ω.

3). Saklar pemilih (Range Selector Switch), berfungsi untuk memilih posisi pengukuran dan batas ukurannya. AVO meter biasanya terdiri dari empat posisi pengukuran, yaitu :

a. Posisi Ω (Ohm) berarti AVO Meter berfungsi sebagai ohmmeter, yang terdiri dari tiga batas ukur : x 1; x 10; dan K Ω.

b. Posisi ACV (Volt AC) berarti AVO Meter berfungsi sebagai voltmeter AC yang terdiri dari lima batas ukur : 10; 50; 250; 500; dan 1000.

c. Posisi DCV (Volt DC) berarti AVO meter berfungsi sebagai voltmeter DC yang terdiri dari lima batas ukur : 10; 50; 250; 500; dan 1000.

d. Posisi DCmA (miliampere DC) berarti AVO meter berfungsi sebagai mili amperemeter DC yang terdiri dari tiga batas ukur : 0,25; 25; dan 500. Tetapi ke empat batas ukur di atas untuk tipe AVO meter yang satu dengan yang lain batas ukurannya belum tentu sama.

4). Lubang kutub + (V A Ω Terminal), berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub + yang berwarna merah.

5). Lubang kutub – (Common Terminal), berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub - yang berwarna hitam.

6). Saklar pemilih polaritas (Polarity Selector Switch), berfungsi untuk memilih polaritas DC atau AC.

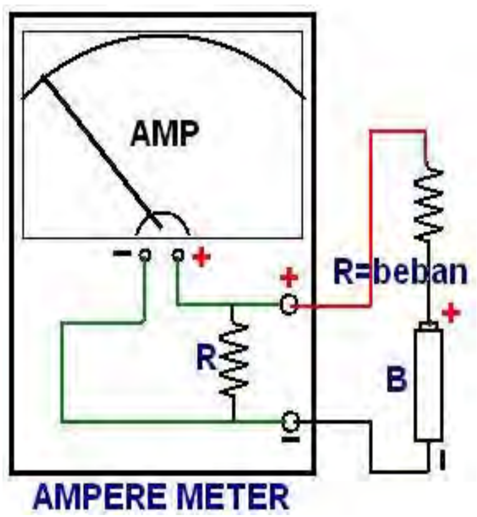
7). Kotak meter (Meter Cover), berfungsi sebagai tempat komponen-komponen AVO meter.

8). Jarum penunjuk meter (Knife –edge Pointer), berfungsi sebagai penunjuk besaran yang diukur.

9). Skala (Scale), berfungsi sebagai skala pembacaan meter.

AVO Meter Pengukur Arus DC

Pengukuran arus DC dari suatu sumber arus DC, saklar pemilih pada AVO meter diputar ke posisi DCmA dengan batas ukurm 500 mA. Kedua test lead AVO meter dihubungkan secara seri pada rangkaian sumber DC .Ketelitian paling tinggi didapatkan bila jarum penunjuk AVOmeter pada kedudukan maksimum.Untuk mendapatkan kedudukan maksimum, saklar pilih diputar setahap demi setahap untuk mengubah batas ukurnya dari 500 mA; 250 mA; dan 0, 25 mA. Yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan AVO meter.

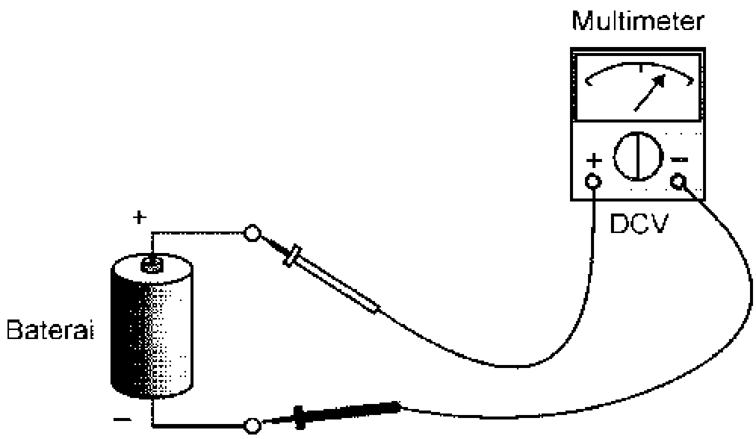


Gambar 3.30 AVOMeter Pengukur Arus DC

AVO Meter Pengukur Tegangan DC

Pengukuran tegangan DC (misal dari baterai atau power supply DC), diawali AVO meter diatur pada kedudukan DCV dengan batas ukur yang lebih besar dari tegangan yang akan diukur. Test lead merah pada kutub(+) AVO meter dihubungkan ke kutub positip sumber tegangan DC yang akan diukur, dan test lead hitam pada kutub (-) AVO meter dihubungkan ke kutub negatip

(-) dari sumber tegangan yang akan diukur. Hubungan semacam ini disebut hubungan paralel. Untuk mendapatkan ketelitian yang paling tinggi, usahakan jarum penunjuk meter berada pada kedudukan paling maksimum, caranya dengan memperkecil batas ukurnya secara bertahap dari 1000 V ke 500 V; 250 V dan seterusnya. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan AVO meter.



Gambar 3.31 AVOMeter Pengukur Tegangan DC

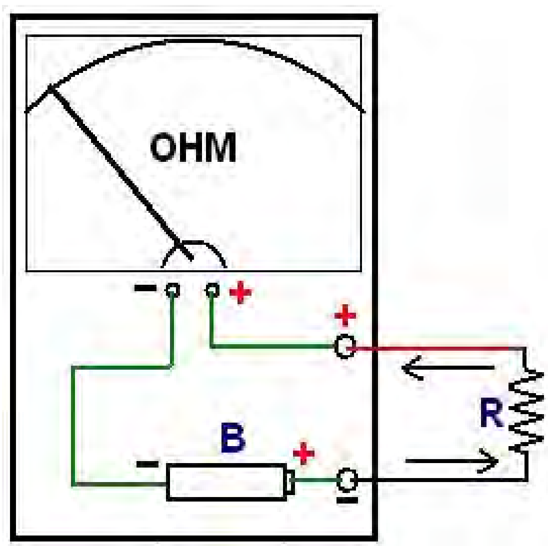
AVO Meter Pengukur Tegangan AC

Pengukuran tegangan AC dari suatu sumber listrik AC, saklar pemilih AVO meter diputar pada kedudukan ACV dengan batas ukur yang paling besar misal 1000 V. Kedua test lead AVO meter dihubungkan ke kedua kutub sumber listrik AC tanpa memandang kutub positif atau negatif. Selanjutnya caranya sama dengan cara mengukur tegangan DC di atas.

AVO Meter Pengukur Resistansi

Pengukuran resistansi, diawali dengan pemilihan posisi saklar pemilih AVO meter pada kedudukan Ω dengan batas ukur x 1. Test lead merah dan test lead hitam saling dihubungkan dengan tangan kiri, kemudian tangan kanan mengatur tombol pengatur

kedudukan jarum pada posisi nol pada skala Ω. Jika jarum penunjuk meter tidak dapat diatur pada posisi nol, berarti baterainya sudah lemah dan harus diganti dengan baterai yang baru. Langkah selanjutnya kedua ujung test lead dihubungkan pada ujung-ujung resistor yang akan diukur resistansinya. Cara membaca penunjukan jarum meter sedemikian rupa sehingga mata kita tegak lurus dengan jarum meter dan tidak terlihat garis bayangan jarum meter. Supaya ketelitian tinggi kedudukan jarum penunjuk meter berada pada bagian tengah daerah tahanan. Jika jarum penunjuk meter berada pada bagian kiri (mendekati maksimum), maka batas ukurnya di ubah dengan memutar saklar pemilih pada posisi x10. Selanjutnya dilakukan lagi pengaturan jarum penunjuk meter pada kedudukan nol, kemudian dilakukan lagi pengukuran terhadap resistor tersebut dan hasil pengukurannya adalah penunjukan jarum meter dikalikan 10Ω. Apabila dengan batas ukur x 10 jarum penunjuk meter masih berada di bagian kiri daerah tahanan, maka batas ukurnya diubah lagi menjadi KΩ dan dilakukan proses yang sama seperti waktu mengganti batas ukur x 10. Pembacaan hasilnya pada skala KΩ, yaitu angka penunjukan jarum meter dikalikan dengan 1 K Ω.

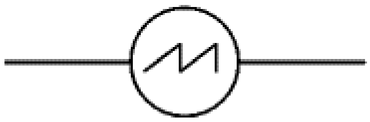


Gambar 3.32 AVOMeter Pengukur Tahanan

2. Osiloskop

Oscilloscope adalah alat ukur yang mana dapat menunjukkan kepada kita 'bentuk' dari sinyal listrik dengan menunjukkan grafik dari tegangan terhadap waktu pada layarnya. Itu seperti layaknya voltmeter dengan fungsi kemampuan lebih, penampilan tegangan berubah terhadap waktu. Sebuah graticule setiap 1cm grid membuat anda dapat melakukan pengukuran dari tegangan dan waktu pada layar (sreen).

Sebuah grafik, biasa disebut trace /jejak, tergambar oleh pancaran electron menumbuk lapisan phosphor dari layar menimbulkan pancaran cahaya, biasanya berwarna hijau atau biru. Ini sama dengan pengambaran pada layar televisi.



Gambar 3.33 Simbol Osiloskop dalam rangkaian

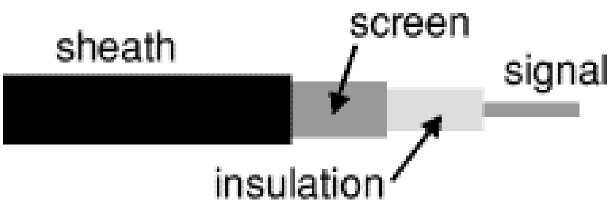


Gambar 3.34 Osiloskop

Kabel Osiloskop

Sebuah pemandu masukan Y oscilloscope selalu terdiri dari pemandu co-axial dan susunannya ditunjukkan oleh diagram. Bagian tengah kabel mengalirkan sinyal dan bagian selubung (pelindung)

terhubung ketanah (0V) untuk melindungi sinyal dari gangguan listrik (biasa disebut dengan noise /derau).



Gambar 3.35 Susunan kabel Coaksial

Sebagian besar oscilloscopes mempunyai socket BNC untuk masukan y dan pemandu bagian ujung dengan susunan tekan putar, untuk melepas adalah putar dan tarik. Oscilloscopes yang digunakan disekolahan menggunakan sockets 4mm merah dan hitam 4mm nyatanya, tidak tercadar, ujung tancapan 4mm dapat digunakan jika diperlukan.

Dalam pemakaian profesional sebuah ujung rancangan khusus kit jarum penduga hasil terbaik saat sinyal frekuensi tinggi dan saat menguji rangkaian dengan resistansi tinggi, tetapi tidak diperlukan untuk pekerjaan pengukuran sederhana semisal untuk audio (sampai 20kHz).

Sebuah oscilloscope dihubungkan layaknya sebuah voltmeter tetapi perlu disadari bahwa screen/cadar (hitam) cadar ujung masukan terhubung pada pentanahan utama pada oscilloscope! Ini berarti harus terhubung pada 0V rangkaian yang diukur

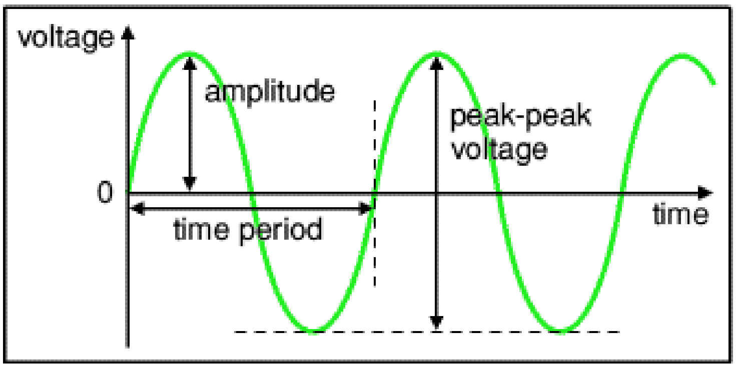


Gambar 3.36 Kabel Kit Osiloskop

Mengukur Tegangan dan Periode

Jejak pada layar osciloskope adalah grafik tegangan terhadap waktu. Bentuk grafik mengejawantahkan gambaran sinyal asli masukan. Penandaan batasan grafik, adalah frekuensi atau jumlah getar perdetik.

Diagram menampilkan sebuah gelombang sinus tetapi batasan dikenakan pada bentuk sinyal yang tetap.



Gambar 3.37 Diagram Sinus

Amplitude adalah tegangan maksimum yang dapat dicapai sinyal. diukur dalam volts, V. Teganagn Puncak merupakan nama lain untuk amplitudo .

Tegangan puncak ke puncak adalah dua kali tegangan puncak (amplitudo). Biasanya pembacaan pada osciloskope saat pengukuran adalah tegangan puncak ke puncak.

Perioda adalah waktu yang diperlukan untuk membentuk satu sinyal penuh. diukur dalam **detik (s)**, tetapi perioda dapat sependek **millidetik (ms**) dan **microdetik (µs)** biasa digunakan juga. 1ms = 0.001s dan 1µs = 0.000001s.

Frekuensi adalah banyaknya putaran/getar per detik. diukur dalam **hertz (Hz)**, tapi frekuensi dapat setinggi **kilohertz (kHz)** dan

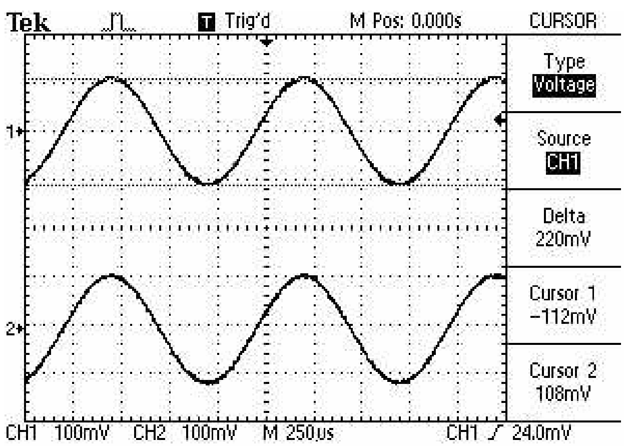
megahertz (MHz) maka digunakan. 1kHz = 1000Hz dan 1MHz = 1000000Hz.

$$\text{frekuensi} = \frac{1}{\text{Perioda}} \quad \text{dan} \quad \text{perioda} = \frac{1}{\text{frekuensi}}$$

Pengaturan Osiloskop

- Volts/Div : Untuk mengatur perbandingan antara besar tegangan dalam satu kotak pada sumbu vertikal. Misal kita atur Volts/Div = 2 V, artinya : dalam 1 kotak sumbu vertikal = 2 volt.
- Time/Div : Untuk mengatur perbandingan antara besar waktu dalam satu kotak pada sumbu horizontal. Misal kita atur Times/Div = 3 ms, artinya : dalam 1 kotak sumbu vertikal = 3 mili detik.
- Trigger : Berfungsi untuk menghentikan sinyal pada level tegangan pada pengaturan trigernya

Contoh sinyal listrik dari sensor induktif

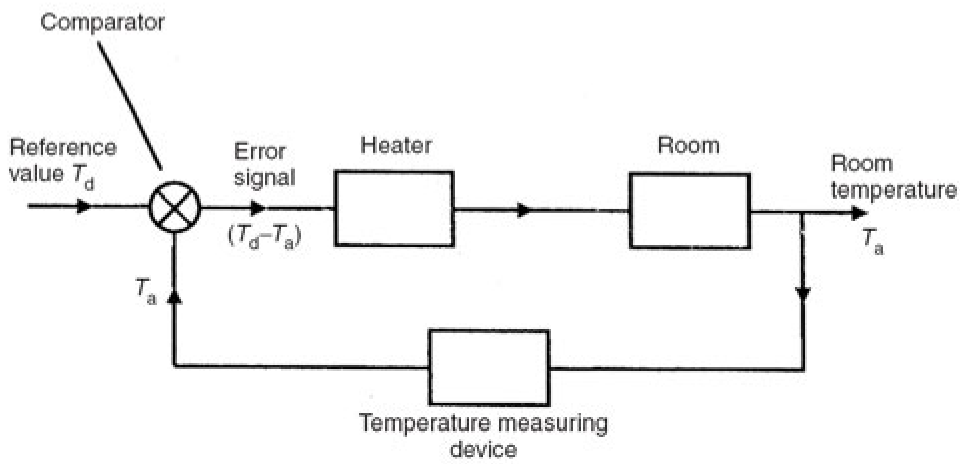


Gambar 3.38 Gambar Bentuk Sinyal Induktif

J. Instrumen Ukur Proses

Aplikasi Sistem Pengukuran saat ini memainkan peran penting dan besar dalam beragam bidang kehidupan manusia. Aplikasi alat ukur dapat diklasifikasikan menjadi tiga bidang utama;

a. Mengatur perdagangan , yaitu sistem pengukuran digunakan untuk mengukur besaran fisik dan sifat-sifat komoditas yang diperdagangkan.
b. Fungsi Monitoring**,** Menyediakan informasi yang memungkinkan manusia untuk mengambil tindakan**,** misalnya tukang kebun menggunakan thermometer untuk menentukan apakah sebaiknya menyalakan pemanas pada rumah kaca atau membuka jendela jika suhu di dalam terlalu panas. Pengamatan pengukuran barometer memungkinkan kita memutuskan akan akan membawa paying ke luar rumah.
c. Sebagai Bagian dari Sistem Kontrol Umpan Balik Otomatis, seperti digambarkan pada diagram berikut.



Gambar 3.39 Sistem Kontrol Umpan Balik Otomatis

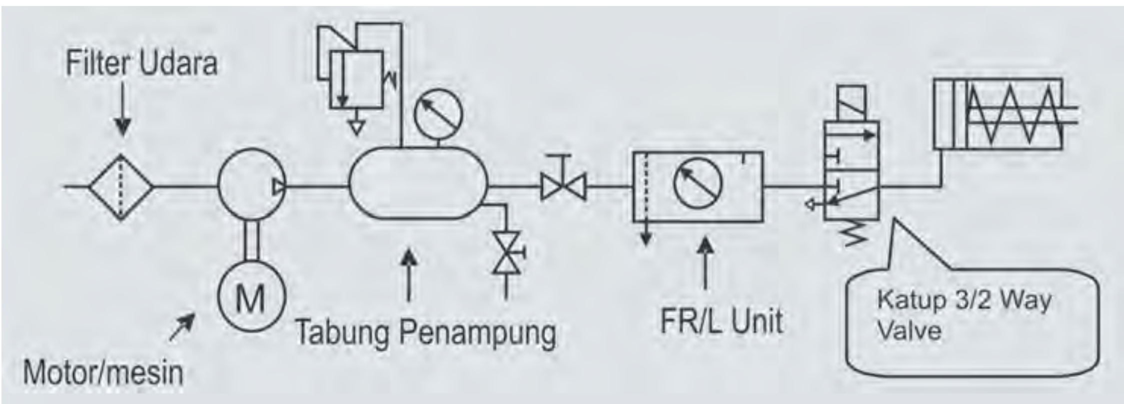
Gambar di atas menunjukkan diagram blok dari suatu sistem kontrol suhu sederhana di mana suhu ruangan T_a dijaga pada nilai referensi T_d. Nilai dari variable T_a, ditentukan oleh alat ukur suhu, lalu dibandingkan dengan nilai referensi T_d, dan perbedaan e digunakan sebagai sinyal eror untuk pemanas. Heater kemudian mengupayakan hingga $T_a = T_d$. Prinsip penting: akurasi dan resolusi dengan mana sebuah variabel output dari sebuah proses dikendalikan, tidak pernah

bisa lebih baik daripada akurasi dan resolusi alat ukur yang digunakan.

Implementasi penggunaan alat ukur industri, tidak dapat terlepas pada sebuah sistem proses. Sebagai contoh adalah alat ukur tekanan pada Unit Pengolahan Udara Bertekanan (Air Service Unit. Pada sistem kerja ini udara bertekanan (kempa) yang akan masuk dalam sistem pneumatic harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan, antara lain;

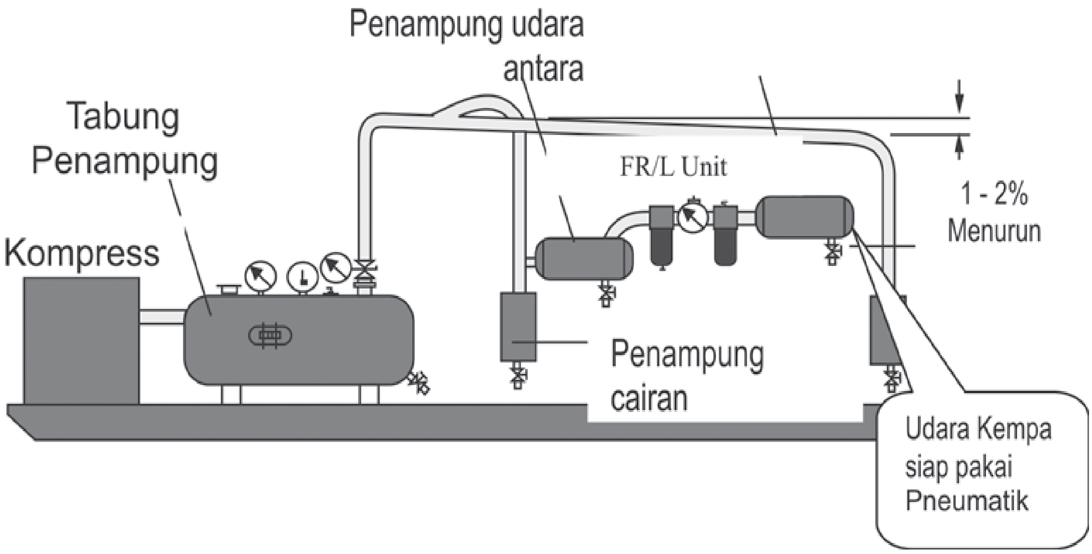
a. tidak mengandung banyak debu yang dapat merusak keausan komponenkomponen dalam sistem pneumatik,
b. mengandung kadar air rendah, kadar air yang tinggi dapat merimbulkan korosi dan kemacetan pada peralatan pneumatic.
c. Mengandung pelumas, pelumas sangat diperlukan untuk mengurangi gesekan antar komponen yang bergerak seperti pada katupkatup dan aktuator.

Secara lengkap suplai udara bertekanan memiliki urutan sebagai berikut: Filter udara, sebelum udara atmosfer dihisap kompresor, terlebih dahulu disaring agar tidak ada partikel debu yang merusak kompresor. Kompresor digerakkan oleh motor listrik atau mesin bensin/diesel tergantung kebutuhan. Tabung penampung udara bertekanan akan menyimpan udara dari kompresor, selanjutnya melalui katup saru arah udara dimasukan ke FR/L unit, yang terdiri dari Filter, Regulator dan *Lubrication*/pelumasan agar lebih memenuhi syarat. Setelah memenuhi syarat kemudian baru ke sistim rangkaian pneumatik, seperti tertera dalam bagan di bawah ini:



Gambar 3.40 Skema Distribusi Sistem Pengolahan Udara Bertekanan

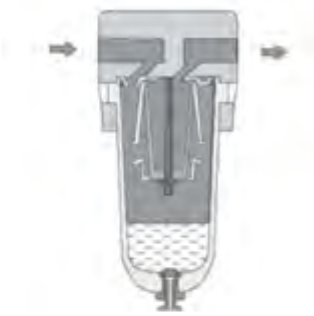
Unit pengolahan udara bertekanan memiliki jaringan instalasi perpipaan yang sudah dirancang agar air dapat terpisah dari udara. Air memiliki masa jenis (*Rho*) yang lebih tinggi sehingga cenderung berada di bagian bawah. Untuk menjebaknya maka intalasi pipa diberi kemiringan, air akan mengalir secara alami ke tabung penampung air, selanjutnyadibuang. Sedangkan udara kering diambil dari bagian atas instalasai agar memiliki kadar air yang rendah. Secara lengkap unit pengolahan udara bertekanan dapat dilihat dalam skema berikut:



Gambar 3.41 . Unit Pengolahan Udara Bertekanan

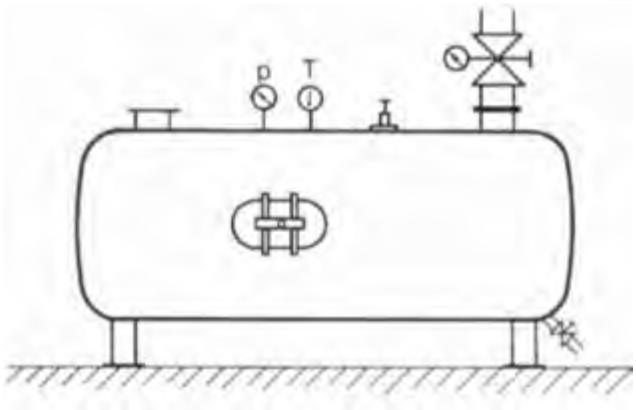
Peralatan Pengolahan Udara Bertekanan meliputi

1) Filter Udara (*air fi lter*), Berfungsi sebagai alat penyaring udara yang diambil dari udara luar yang masih banyak mengandung kotoran. Filter berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel yang terbawa seperti debu, oli residu, dsb.



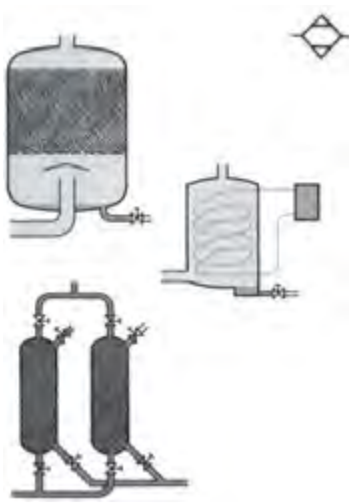
Gambar 3.42 Filter Udara

2) Tangki udara, Berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan hingga pada tekanan tertentu hingga pengisian akan berhenti, kemudian dapat digunakan sewaktu-waktu diperlukan



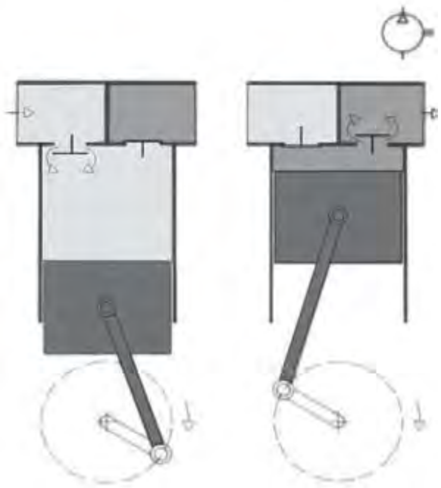
Gambar 3.43. Tangki Udara

3) Pengering udara (*air dryer)*



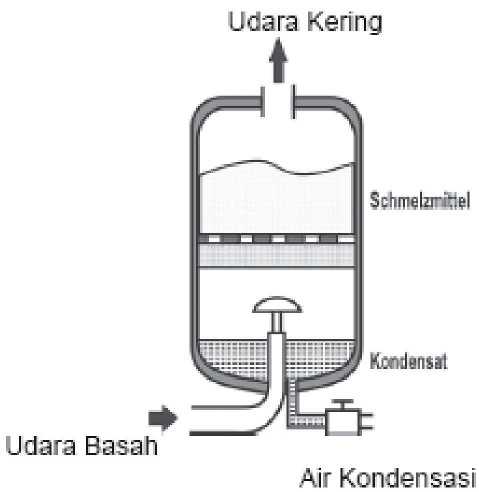
Gambar 3.44 Pengering Udara

4) Kompresor, berfungsi untuk menghisap udara atmosfir kemudian dimampatkan ke tabung penyimpan hingga tekanan tertentu. Sebelum digunakan harusada sistim pengolahan udara bertekanan untuk membersihkan danmengeringkan sebelum digunakan.



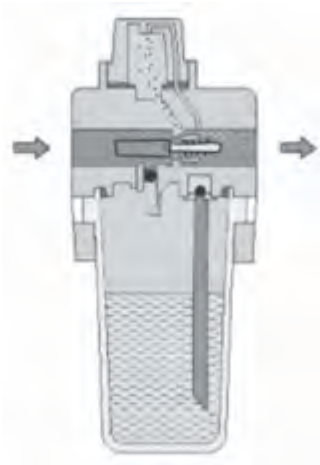
Gambar 3.45 Kompresor Torak

5) Pemisah air, Udara bertekanan yang keluar melalui filter masih mengandung uap air. Kelembaban dalam udara bertekanan dapat menyebabkan korosi pada semua saluran, sambungan, katup, alat-alat yang tidak dilindungi sehingga harus dikeringkan dengan cara memisahkan air melalui tabung pemisah air.



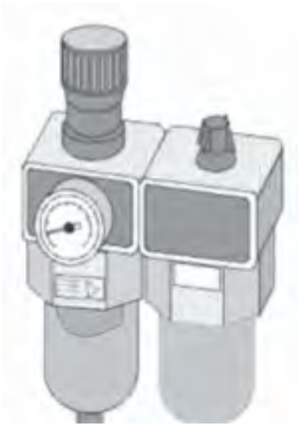
Gambar 4.46. Pemisah Air

6) Tabung pelumas, Komponen sistim pneumatik memerlukan pelumasan (*lubrication*) agar tidak cepat aus, serta dapat mengurangi panas yang timbul akibat gesekan. Oleh karena itu udara bertekanan/mampat harus mengandung kabut pelumas yang diperoleh dari tabung pelumas pada regulator.



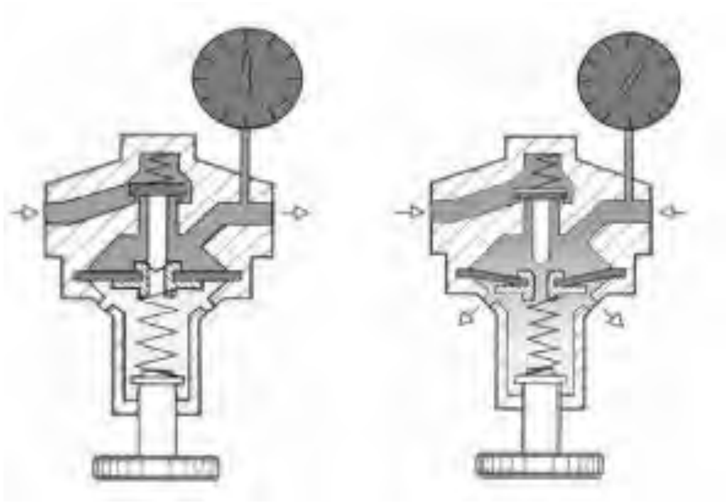
Gambar 3.47. Tabung Pelumas

7) Regulator udara bertekanan, Udara yang telah memenuhi persyaratan, selanjutnya akan disalurkan sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengatur besar kecilnya udara yang 500 masuk, diperlukan keran udara yang terdapat pada regulator, sehingga udara yang disuplai sesuai dengan kebutuhan kerjanya. Adapun unit pengolahan udara dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3.48 Tabung Pelumas

8) Katup Pengatur Tekanan, *Pressure Regulation Valve*, katub ini berfungsi untuk mengatur besarkecilnya tekanan udara kempa yang akan keluar dari *service unit* dan bekerjapada sistim pneumatik (tekanan kerja).



Gambar .3.49 Pressure Regulation Valve

Telah di ulas di atas bahwa Karakteristik Pengukuran (*Measurement Characteristics*) pada sistem produksi terdiri dari berbagai instrument, pada materi ini akan dibahas beberapa instrument ukur, dianataranya; Pengukuran Suhu (*Temperature Measurement*), Tekanan (*Pressure Measurement*), Pengukuran Volume/Level (*Level Measurement*) dan Pengukuran Laju Aliran (*Flow Measurement*), berikut dijelaskan prinsip kerja instrumen tersebut.

1. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan rentang skala suhu farenheit, celcius, Kelvin, rankin atau reamur dengan perbandingan sepeti pada gambar berikut.



Gambar .3.50 Skala suhu

1.1 Termometer Air Raksa

Termometer air raksa umumnya menggunakan skala suhu Celsius dan Fahrenhait. Celsius memakai dua titik penting pada skalanya: suhu saat es mencair dan suhu penguapan air. Es mencair pada tanda kalibrasi yang sama pada thermometer yaitu pada uap air yang mendidih. Saat dikeluarkan termometer dari uap air, ketinggian air raksa turun perlahan. Ini berhubungan dengan kecepatan pendinginan (dan pemuaian kaca tabung). Jadi pegukuran suhu celsius menggunakan suhu pencairan dan bukan suhu pembekuan. Titik didih Celcius yaitu 0 °C (212 °F) dan titik beku pada 100 °C (32 °F). Tetapi peneliti lain -Frenchman Jean Pierre Cristin– mengusulkan versi kebalikan skala celsius dengan titik beku pada 0 °C (32 °F) dan titik didih pada 100 °C (212 °F). Dia menamakannya Centrigade.

1.2 Termometer Tahanan Platina (RTD)

Adalah termometer yang bekerja berdasarkan pada perubahan tahanan yang terjadi pada sensor termometer karena pengaruh suhumedia/benda yang diukur suhunya. Termometer ini lebih teliti dan stabil dibandingkan termokopel dan lebih kuat serta rentang ukur suhu lebih lebar daripada termistor. Media termometriknya adalah kawat platina. Sifat fisika yang digunakan perubahan tahanan kawat platina sebagai fungsi suhu. Besaran yang diukur adalah tahnan listrik, rentang ukurnya -200 ~ 850 0C. Pada kenyataannya, konsep mengukur suhu menggunakan resistensi lebih mudah dikerjakan dari pada pengukuran suhu dengan termokopel. Pertama, karena pengukurannya absolut, tidak diperlukan adanya sambungan atau sambungan dingin sebagai referensi yang diperlukan. Kedua, cukup kawat tembaga yang digunakan diantara sensor dan peralatan lainnya karena tidak ada kebutuhan khusus dalam hal ini. Pengukuran dan Kalibrasi Termometer Digital dengan RTD: Pada dasarnya, selama hubungan suhu dengan tahanan dapat diprediksikan, halus dan stabil, fenomena ini dapat digunakan untuk mengukur suhu, Tetapi, efek kemurnian terhadap tahanan harus kecil seperti pada beberapa logam murni yang hanya tergantung pada suhu. Selain itu, karena hubungan antara tahanan dengan kemurnian juga harus

konstan - sehingga dapat diabaikan. Hal ini berarti komposisi fisik dan kimiawi harus dibuat konstan.

Kebutuhan penting dalam pengukuran suhu dengan tahanan yang akurat, elemen sensor harus murni, selain itu, juga harus dan selalu berada pada kondisi annealing melalui perlakuan panas yang sesuai pada bahan agar tidak berubah secara fisik. Juga, bahan elemen sensor ini harus berada pada lingkungan yang terlindung dari kontaminasi - sehingga perubahan kimiawi dapat dihindari. Tetapi, tantangan lain bagi pembuat termometer ini adalah mendukung kabel yang tipis dan murni secara memadai, sementara memberikan regangan minimal akibat ekspansi diferensial antara kabel dengan lingkungannya atau pembentuknya - walaupun sensor mungkin ditempatkan pada pabrik yang beroperasi, dengan karakteristik lingkungan tertentu.

Keunggulan Air Raksa Sebagai Alat Pengukur Suhu

Berikut ini adalah sebab digunakannya air raksa yang merupakan satu-satunya bentuk logam yang cair sebagai alat pengukuran suhu atau temperatur pada termometer, yaitu :

1. Raksa dapat menyerap / mengambil panas dari suhu sesuatu yang diukur.
2. Raksa memiliki sifat yang tidak membasahi medium kaca pada termometer.
3. Raksa dapat dilihat dengan mudah karena warnanya yang mengkilat.
4. Raksa memiliki sifat pemuaian / memuai yang teratur dari temperatur ke temperatur.
5. Raksa memiliki titik beku dan titik didih yang rentangnya jauh, sehingga cocok untuk mengukur suhu tinggi.

1.3 Termometer Digital

Untuk termometer digital, biasanya digunakan termokopel sebagai sensornya. Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C. Adapun gambar termometer digital:



Gambar .3.51. termometer digital

Termometer digital memiliki bagian penyusun terpenting. Material penyusun tersebut adalah sebagai berikut:

- Sensor Termokopel / RTD
- Komparator (OP-amp dan sejenisnya)
- ANALOG to Digital converter
- Dekoder display (IC 7447 TTL misalnya)
- Display (7 segmen, LCD, monitor)

Cara Kerja Termometer Digital

Untuk termometer digital, biasanya digunakan termokopel sebagai sensornya. Karena Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga 1800 K. Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus diukur dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu 0--100 °C dengan keakuratan 0.1 °C. Termokopel ini macam-macam, tergantung jenis logam yang digunakan. Jenis logam akan menentukan rentang temperatur yang bisa diukur (termokopel suhu badan (temperatur rendah) berbeda dengan termokopel untuk mengukur temperatur tungku bakar (temperatur tinggi)), juga sensitivitasnya. Secara sederhana termokopel berupa dua buah kabel dari jenis logam yg berbeda yang ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut hot junction. Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki

tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah beda tegangan (kecil sekali, miliVolt) yang dapat dideteksi. Jadi dari input temperatur lingkungan setelah melalui termokopel terdeteksi sebagai perbedaan tegangan (volt). Beda tegangan ini kemudian dikonversikan kembali menjadi besaran temperatur yang ditampilkan melalui layar/monitor berupa seven segmen yang menunjukkan temperatur yang dideteksi oleh termokopel.

Secara terperinci prinsip kerja thermometer digital dapat dijelaskan sebagai berikut: Sensor yg berupa PTC atau NTC dengan tingkat sensitifitas tinggi akan berubah nilai tahanannya jika terjadi sebuah prubahan suhu yg mengenainya. Perubahan nilai tahanan ini linear dengan perubahan arus, sehingga nilai arus ini bisa dikonversi ke dalam bentuk tampilan display. Sebelum dikonversi, nilai arus ini di komparasi dengan nilai acuan dan nilai offset di bagian komparator, fungsinya untuk menerjemahkan setiap satuan amper ke dalam satuan volt yang akan dikonversi ke display.

Prosedur Pengukuran dan Kalibrasi Termometer Digital Pengukuran suhu tidak dapat dilakukan secara langsung dan memanfaatkan perubahan sifat fisika dari benda ukur karena pengaruh suhu. Metode yang digunakan ada dua yaitu:

Metode kontak

Dalam metode ini termometer dikontakkan secara langsung dengan objek ukur. Dimana objek ukurnya diam, tidak berbahaya. Hasil yang didapatkan dengan metode ini teliti dan dapat mengukur suatu kedalaman objek yang diukur, tetapi kemungkinan terjadi kontaminasi. Termometer yang digunakan dalam metode ini antara lain: termometer tahanan platina (RTD) dan termometer digital.

Metode Non kontak

Kontak termal melalui radiasi panas yang dipancarkan objek ukur. Objek ukurnya bergerak, berbahaya dan susah untuk dijangkau. Hasilnya kurang teliti dan hanya bisa mengukur suhu permukaan. Termometer yang digunakan yaitu pirometer optik, termometer radiasi spektral dan total. Pembacaan pengukuran termometer ini dilakukan langsung dari nilai display dengan memperhatikan garis segmen yang ada. Kalibrasinya biasa

menggunakan kalibrator manual atau otomatis, kalibrator manual suhu yg dikenakan ke sensor adalah suhu pemanas nyata dimulai dari 0 derajat untuk setting ofsetnya. Kalibrasi otomatis terdiri dari suhu pemanas dan checker untuk gain dalam rangkaian komparatornya.

Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukurnya yang tertelusur ke satndar nasional dan atau internasional. Tertelusur maksudnya adalah karakter hasil pengukuran yang dapat dihubungkan ke standar yang sesuai, nasional dan atau internasional, melalui rantai pembandingan yang tidak terputus. Metode kalibrasi termometer dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain

Metode Perbandingan yaitu pembandingan menunjukkan termometer (alat) dengan termometer standar. Hasil kalibrasi berupa 1) koreksi= standar- alat, 2) konstanta-konstanta dari persamaan polinomial interolasi untuk alat. Ketidakpastian untuk koreksi atau konstanta. Memerlukan media kalibrasi atau termometer standar.

Metode Titik Tetap yaitu media kalibrasi nerupa titik tetap (fixed point). Hasil kalibrasi = persamaan interpolasi. Umumnya untuk kalibrasi termometer standar. Metode Simulasi yaitu digunakan untuk indikator suhu (temperatur indicator). Membutuhkan daya standar (arus atau tegangan) Adapun prosedur kalibrasi termometer digital dengan metode perbandingan sebagai berikut:

Pemeriksaan Skala(scale of value)

Temperatur yang diukur menggunakan termometer digital dapat dibaca secara langsung dari pembacaan dial dan nilai skala.

Kemampuan Baca Kembali (Repeatibility of Reading)

Tahap ini mengandung informasi dalam level yang dapat disensor oleh manusia dan/atau perangkat kendali. Jika keluaran diharapkan dapat dibaca oleh manusia, maka lebih sering berbentuk :

- gerakan relatif, misalnya jarum penunjuk skala atau gerakan gelombang pada osiloskop,
- digital, bentuk ini mempresentasikan angka-angka, misalnya odometer mobil, termometer digital dan sebagainya. Daya ulang pembacaan

merupakan ukuran konsistensi pembacaan termometer yang dinyatakan sebagai standar deviasi yang diperoleh dari serangkaian pembacaan berulang dan perbedaan maksimum antar pembacaan tunggal berurutan. Termometer dengan unjuk kerja yang baik memiliki nilai standar deviasi yang tidak lebih dari 3 (tiga) kali resolusinya.Pengamatan daya ulang pembacaan harus dilaksanakan sedemikian hingga merefleksikan penggunaan termometer.

Ketidakpastian Termometer Digital

Perkiraan atau taksiran rentang dari nilai pengukuran dimana nilai sebenarnya dari besaran obyek yang diukur (measurand) terletak. Terdapat dua ketidakpastian yaitu: 1)Kaitan Antara Ketidakpastian Dan Kesalahan. 2) Ketidakpastian Memadukan Semua Kesalahan yang Diketahui Menjadi Suatu Rentang Tunggal

Faktor - Faktor Ketidakpastian

Setiap pengukuran pasti memunculkan sebuah ketidakpastian pengukuran, yaitu perbedaan antara dua hasil pengukuran. Timbulnya ketidakpastian dalam pengukuran menunjukkan ketidalksempurnaan manusia secara keseluruhan . Karena tidak adanya kebenaran mutlak di dunia ini. Sumber ketidakpastianlah yang turut memberikan kontribusi selain juga pada alat-alat bantu (kalibrator) yang digunakan untuk mengukur suhu juga resolusi alatnya, pengaruh lingkungan. sebenarnya. Ketidakpastian juga disebut kesalahan, sebab menunjukkan perbedaan antara nilai yang diukur dan nilai sebenarnya. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor itu dibagi dalam 2 garis besar, yaitu ketidakpastian bersistem dan ketidakpastian acak.

Kesalahan dalam memberi skala pada saat alat ukur dibuat sehingga tiap kali alat itu digunakan, ketidakpastian selalu muncul dalam tiap pengukuran. Kesalahan titik nol. Titik nol skala ukur tidak berimpit dengan titik nol jarum penunjuk alat ukur.

Kesalahan komponen alat

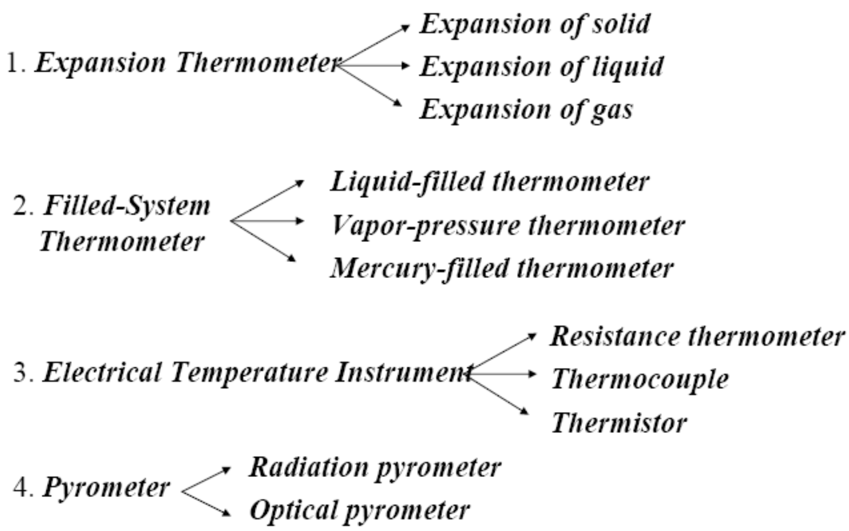
Sering terjadi pada pegas. Biasanya terjadi bila pegas sudah sering dipakai.Gesekan Kesalahan yang timbul akibat gesekan pada bagian-bagian alat yang bergerak.

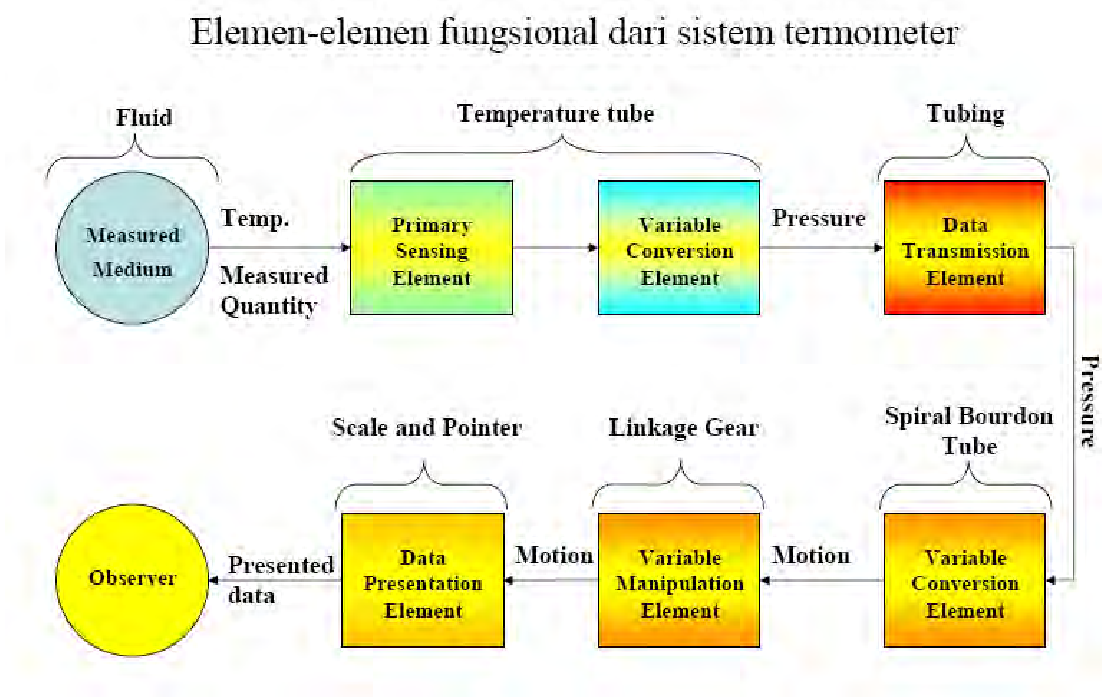
Paralaks

Kesalahan posisi dalam membaca skala alat ukur.Ketidakpastaian acak Gerak Brown molekul udara. Menyebabkan jarum penunjuk skala alat ukur terpengaruh. Frekuensi tegangan listrik, Perubahan pada tegangan PLN, baterai, atau aki, Landasan yang bergetar, Adanya nilai skala terkecil dari alat ukur, Keterbatasan dari pengamat sendiri

Dalam memperkirakan besar ketidakpastian atau kesalahan dalam menetapkan nilai kuantitas sebagai hasil pengukuran, harus dibedakan antara dua golongan kesalahan: sistematis dan acak. Kesalah sistematis adalah kesalahan yang secara konsisten terulang apabila dilakukan pengulangan percobaan. Kesalahan kalibrasi sistem pengukuran atau suatu perubahan dalam sistem yang menyebabkan penunjuk menyimpang secara konsisten dari nilai kalibrasi merupakan kesalahan jenis ini.

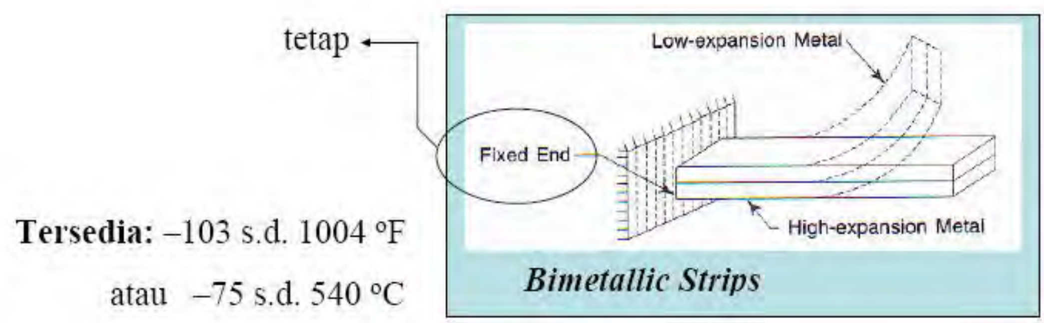
Beberapa Metode Pengukuran Suhu





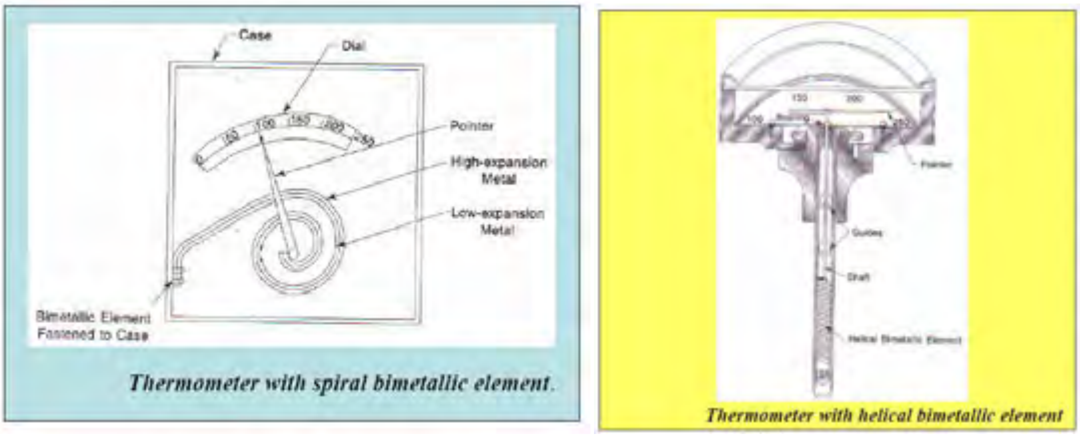
Gambar 3.52 Elemen sistem thermometer

1.4 Bimelallic Thermometer



Gambar 3.53 *Bimetallic Strips*

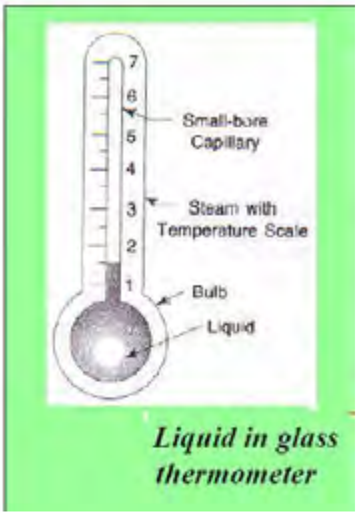
Ekspansi elemen bimetallic (dua strip logam). Masing-masing strip logam mempunyai koefisien ekspansi termal berbeda. Ketika strip dipanaskan, seiring dengan naiknya suhu, keduanya berekspansi dengan panjang berbeda Jarak ekspansi proporsional terhadap pangkat dari panjang strip dan berbanding terbalik dengan tebal strip (logam). Pergerakan bimetallic digunakan menggerakkan pointer sehingga melintasi skala kalibrasi suhu. Digunakan di rumah dan di kantor sebagai indikator suhu lingkungan



Gambar 3.54 Thermometer elemen bimetallic

1.5 Liquid in Metal Thermometer

Salah satu alat ukur suhu yang paling sederhana, dan digunakan di laboratorium dan industri. Range: –18.4 s.d. 608 oF atau –120 s.d. 320 oC Zat yang digunakan sebagai fluida kerja adalah Alkohol : untuk suhu sangat rendah Merkuri : untuk suhu tinggi (merkuri membeku pada suhu –39 oC).



Gambar 3.55 Liquid in Metal Thermometer

Mudah pecah dan tidak mudah beradaptasi dengan perubahan suhu, sehingga penggunaannya di industri terbatas. Tidak digunakan, jika suhu berfluktuasi akan diukur dengan akurasi tinggi. Termometer gelas berisi air raksa yang digunakan di industri: tangki terbuka berisi cairan, kettle, steam line,dan aliran fluida dalam pipa.

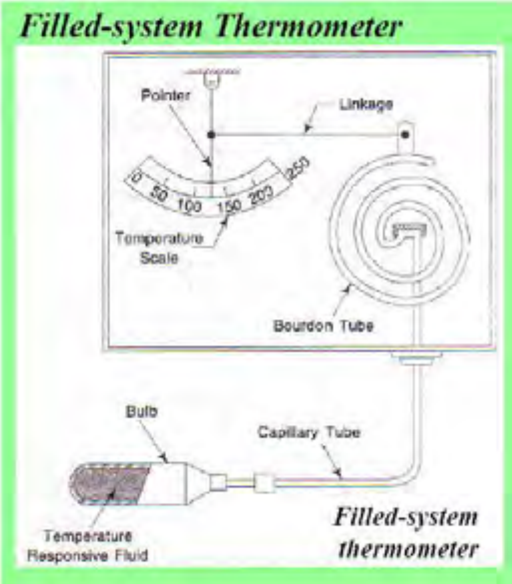


Gambar 3.56 Termometer gelas berisi air raksa

Kelemahan termometer gelas diatasi dengan penggunaan termometer logam. Glass bulb diganti dengan steel bulb Merkuri digunakan sebagai cairan, karena tidak kelihatan, bourdon tube digunakan untuk mengukur perubahan volume cairan. Ketika suhu naik, volume merkuri dalam bulb mengembang, bourdon tube cenderung untuk lurus, sehingga dapat menggerakkan pointer. Rentang suhu dari cairan yang digunakan dalam termometer logam ditunjukan pada table berikut:

Tabel 3.4 Rentang suhu dari cairan
yang digunakan dalam termometer logam

Cairan	Rentang suhu (°F)	Rentang suhu (°C)
Mercury	–3 s.d. +1200	–39 s.d. +650
Xylene	–40 s.d. +750	–40 s.d. +400
Alcohol	–50 s.d. +300	–46 s.d. +150
Ether	+70 s.d. +195	+20 s.d. +90
Cairan organik lain	–125 s.d. +500	–87 s.d. +260



Gambar 3.57 Filled System Termometer

Jika bulb dipanaskan atau didinginkan, maka fluida didalamnya mengembang atau berkontraksi, sehingga bourdon tube bergerak. Perpindahan bourdon tube menggerakan pointer untuk membaca suhu. Cairan pengisi bulb: mercury, ethyl alcohol, xylene, toluene. Koefisien ekspasi xylene adalah 6 kali mercury. Rentang suhu dari cairan yang digunakan dalam termometer logam seperti table berikut:

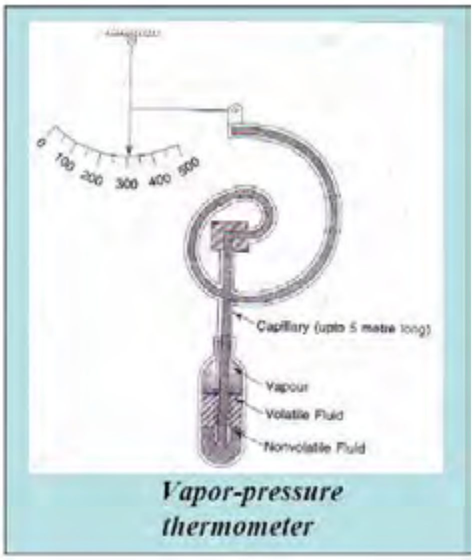
Tabel 3.5 Rentang suhu dari cairan yang digunakan dalam termometer logam

Cairan	**Rentang suhu (°F)**	**Rentang suhu (°C)**
Mercury	–3 s.d. +1200	–39 s.d. +650
Xylene	–40 s.d. +750	–40 s.d. +400
Alcohol	–50 s.d. +300	–46 s.d. +150
Ether	+70 s.d. +195	+20 s.d. +90
Cairan organik lain	–125 s.d. +500	–87 s.d. +260

Cairan pengisi bulb: mercury, ethyl alcohol, xylene, toluene. Koefisian ekspasi xylene adalah 6 kali koef ekspansi mercury, jadi memungkinkan perancangan bulb kecil. Kadang-kadang, air digunakan sebagai pengisi bulb. Kriteria yang harus dipenuhi:

1. Tekanan sistem (di dalam bulb) harus lebih besar daripada tekanan uap cairan pengisi, untuk mencegah penguapan.
2. Cairan pengisi tidak boleh membeku supaya tidak mengganggu kalibrasi/pembacaan suhu.

1.6 Vapor-pressure Thermometer



Vapor-pressure thermometer

Gambar 3.58 Vapor Pressure Termometer

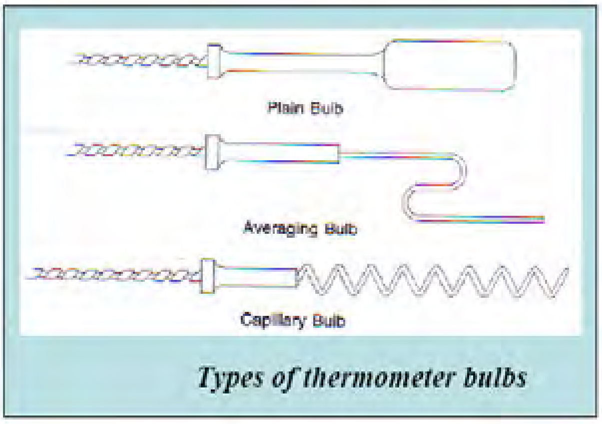
Bulb sebagian berisi cairan, kapiler dan bourdon berisi gas. Cairan mendidih dan menghasilkan gas/uap yang mengisi kapiler dan bourdon. Cairan terus mendidih sampai mencapai tekanan uapnya. Di titik Pvap cairan berhenti mendidih, kecuali jika suhu naik.Saat suhu turun, sebagian uapmengembun, dan tekanan turun. Karena perubahan tekanan ini,bourdon menggerakkan pointer yang dapat mengindikasikan suhu Rentang suhu cairan yang digunakan dalam vapor-pressure thermometer dapatdilihat daritabelberikut ini.

Tabel 3.6
Rentang suhu cairan yang digunakan
dalam vapor-pressure thermometer

Cairan	Suhu kritis	Titik didih	Rentang suhu yang tersedia
Argon	– 122 °C	– 185.7 °C	Untuk mengukur suhu sangat rendah (sampai – 253 °C)
Methyl chloride	143 °C	– 23.7 °C	30 s.d. 130 °F (0 s.d. 50 °C)
Sulphur dioxide	157 °C	– 10 °C	30 s.d. 120 °C
Ethyl-alcohol	243 °C	78.5 °C	200 s.d. 350 °F
Toluene	321 °C	110.5 °C	150 s.d. 250 °C
Ethyl-chloride	187 °C	12.2 °C	30 s.d. 100 °C
Bulane (n)	154 °C	– 0.6 °C	60 s.d. 130 °F (20 s.d. 80 °C)
Methyl bromide	----	4.6 °C	80 s.d. 180 °F
Di-ethyl ether	194 °C	34.5 °C	130 s.d. 300 °F (60 s.d. 160 °C)
Water	375 °C	100 °C	120 s.d. 220 °C

1.7 Mercury-filled Thermometer

Similar dengan ***liquid-filled thermometer***, keduanya dipisahkan karena karakteristik mercury yang unik dan kepentingannya dalam pengukuransuhu medium.



Gambar 3.59 Bulbs Termometer

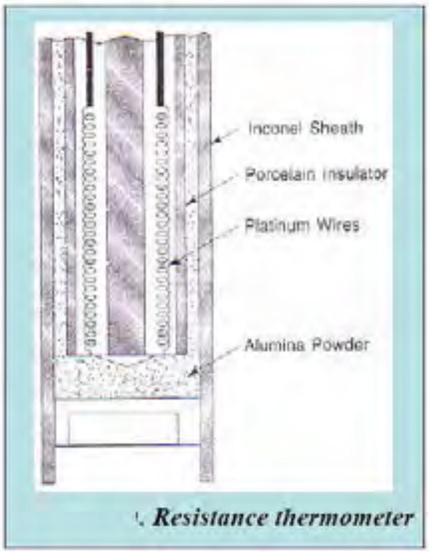
Karakteristik Mercury :

- mendukung operasi elemen pengendalian
- akurasi cukup tinggi
- respon cepat
- Rentang tekanan tinggi: 400 s.d. 1200 psig

Tabel 3.6
Perbandingan beberapa fluida pengisi
pada *filled-system thermometer*

Filled	*Temperature range (°C)*	*Scale linearity*	*Speed of response*	*Overrange capabilities*	*Superior features*	*Less desirable features*
Liquid	– 87 to 371	Linear except at low temperatures	6 – 7 sec.	150%	1. Smaller bulb sizes 2. Narrower spans 3. Lower cost	1. Shortest capillary 2. Compensation made difficult
Vapor	Above ambient to 343, and below ambient to – 184	Scale divisions increase with temperature increase	4–5 sec. except when passing through ambient	Almost always less than 100%	1. Long capillary length available 2. Ambient temperature compensation not required 3. Fast speed of response	1. Nonlinear scale 2. Difficult to provide through ambient temperatures 3. No overrange capacity
Gas	– 268 to 760	Linear except very low temperatures	4–7 sec.	150–300%	1. No head effect 2. Greatest overrange 3. Greatest range of temperature	1. Large bulb size 2. Widest spans required 3. Least power for control
Mercury	–40 to 649	Linear	4–5 sec.	150%	1. Most linear scale 2. Least difficult to compensate 3. Most power for control element	1. Objection to mercury on accidental breakage

1.8 Resistance Thermometer



Gambar 3.60 Resistance Termometer

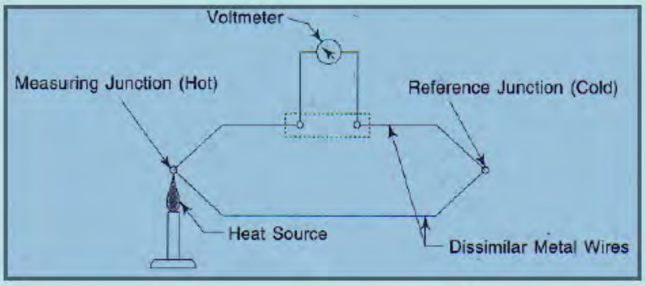
Karena tahanan logam tertentu berubah dengan berubahnya suhu, sifat ini digunakan untuk mengukur suhu. Jika T ↑ maka R ↑ (*vice versa*). Elemen tahanan biasanya panjang(dibentuk spiral), diselubungi dengan porselin untuk mencegah hubungan singkat antara *wire* dan *metal sheath.*Jenis-jenis logam: platinum, copper, dan nickel.

Table 3.7
Karakteristik RTD

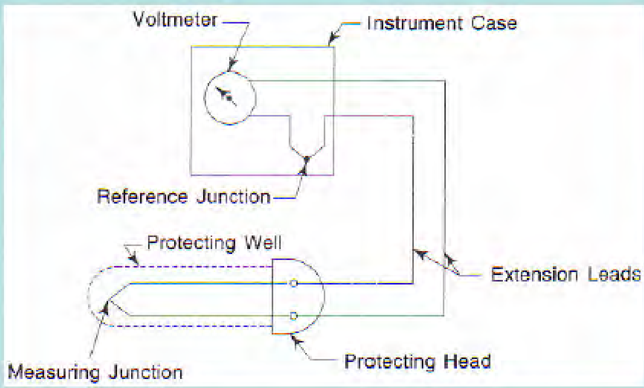
Karakteristik beberapa RTD				
Criteria	*Platinum RTD 100Ω wire wound and thin film*	*Platinum RTD 1000Ω thin film*	*Nickel RTD 1000Ω wire wound*	*Balco RTD 2000Ω wire wound*
Cost	High	Low	Medium	Medium
Temperature-range	Wide (–240°C to + 649°C)	Wide (–196°C to + 538°C)	Medium (–212°C to + 316°C)	Short (–73°C to + 204°C)
Interchang-eability	Excellent	Excellent	Fair	Fair
Accuracy	High	High	Medium	Low
Repeatability	Excellent	Excellent	Good	Fair
Sensitivity (output)	Medium	High	High	Very high
Response	Medium	Medium to fast	Medium	Medium
Linearity	Good	Good	Fair	Fair
Self heating	Very low to low	Medium	Medium	Medium
Point (end) sensitive	Fair	Good	Poor	Poor
Lead effect	Medium	Low	Low	Low
Physical size packaging	Medium to small	Small to large	Large	Large
Long term stability	Good	Good	Fair	Fair

1.9 Thermocouple

Prinsip kerja thermocouple tergantung dari pengaruh *thermoelectric*. Jika salah satu *junction* dipanaskan, arus mengalir dalam *circuit* dan dideteksi oleh galvanometer. Jumlah arus yang dihasilkan tergantung dari perbedaan suhu antara dua *junction* dan karakteristiknya. Hal ini pertama kali diteliti oleh Seeback (1821) sehingga dikenal dengan *Seeback Effect*. Cocok untuk digunakan sebagai salah satu element pengendalian (*sensorelement for control system*). Penerapan thermocouple dapat dilihat pada gambar berikut:



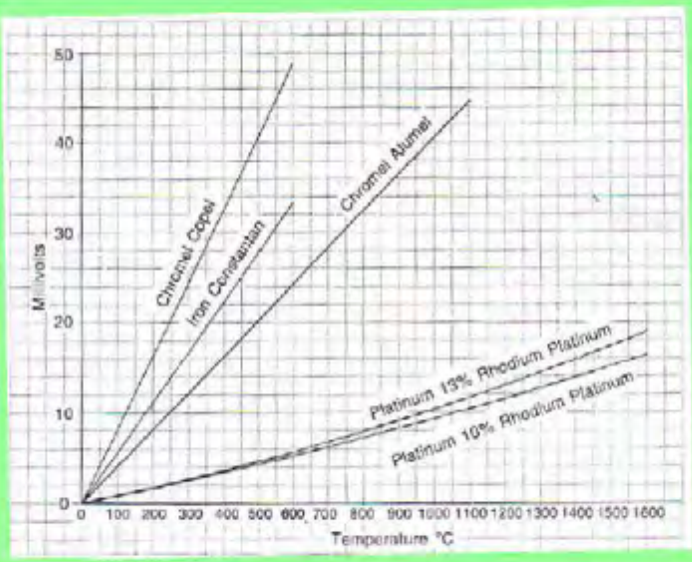
. **Thermocouple**



Penerapan ***thermocouple***

Gambar 3.61 Thermpcouple

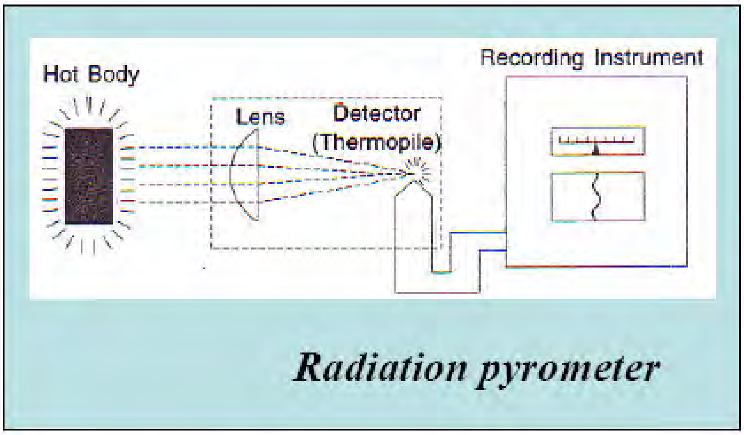
Table 3.8
Karakteristik EMF



EMF chart for various thermocouples with free end at 0 °C

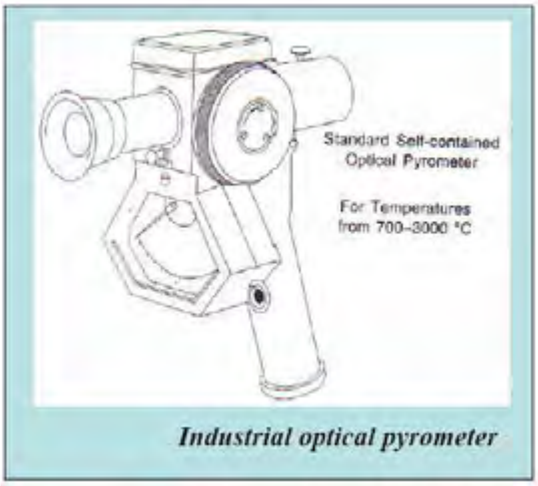
1.10 Radiation Pyrometer

Pyrometry adalah salah satu teknik pengukuran suhu tanpa kontak fisik, tetapi suhu fluida dideteksi dengan mengukur radiasi elektromagnetik. Dalam pyrometer radiasi, sebuah bodi hitam digunakan untuk menyerap panas.Lensa digunakan untuk menyatukan (*focus*) energi radiasi dari bodi. Radiasi energi diterima oleh detector (thermocouple, thermophile), dan diteruskan ke recorder, sehingga suhu fluida dapat dibaca. Pryrometer dapat mengukur suhu tinggi (>1400 oC)



Gambar 3.62 Pyrometry

1.11 Optical Pyrometer



Gambar 3.63 Optical Pyrometry

2. Pengukuran Tekanan

Tekanan terjadi karena adanya gaya yang bekerja terhadap suatu bidang luasan.karena itu tekanan dinyatakan sebagai Gaya yang bekerja pada satuan luas. Dengan demikian satuan yang umum digunakan adalah kg/cm2 , psi , bar dan lainnya. Tekanan yang biasa diukur pada umumnya masuk salah satu dari 4 jenis tekanan, yaitu :

a) Tekanan Absolut (Absolute Pressure). Yaitu harga tekanan yang sebenarnya, dihitung relatif terhadap tekanan nol mutlak.
b) Tekanan Gauge (Gauge Pressure). atau dikenal pula sebagai tekanan relatif , adalah tekanan yang diukur relatif terhadap tekanan atmosfer. jadi tekanan relatif adalah selisih antara tekanan absolut dengan tekanan atmosfer.
c) Vacum atau tekanan hampa adalah dalam hal tekanan adalah lebih rendah dari tekanan atmosfer.
d) Tekanan Deferensial (Differential Pressure) . adalah suatu tekanan yang diukur terhadap tekanan yang lain (beda tekanan).

Pengukuran tekanan dapat dibedakan atas sifat dari tekanan , yaitu :

a) Tekanan Statik, jika tekanan tidak berubah (relatif) pada sepanjang waktu pengamatan . Istilah tekanan relatif digunanakan secara luas dalam pengukuran tekanan, tinggi muka cairan , dan laju aliran. Sebagai contoh , jika muka fluida dalam proses dalam keadaan statik (tidak berfluktuasi), maka tekanan statik pada suatu titik didalam kolom fluida tsb merupakan tekanan (gaya tekan) yang diberikan oleh kolom fluida diatas titik tersebut tersebut.
b) Tekanan Dinamik, jika tekanan berubah dengan cepat (berfluktuasi) sepanjang waktu pengamatan, Pada kasus tekanan dinamik, pengukuran tekanan membutuhkan transducer tekanan dengan respons yang cepat.

Didalam satuan Internasional Inggris ,Satuan tekanan absolut biasanya dinyatakan dengan Pound Per Square Inch Absolute (psia). Sedang satuan tekanan relatif biasanya dinyatakan dengan Pound Per Square Inch Gauge (psig) .

Didalam satuan Internasional (SI), atau metrik , satuan tekanan yang biasa digunakan Newton Per Square Mater (N/m2),atau Pascal.

Tekanan juga biasa dinyatakan dengan satuan ketinggian kolom fluida pengukur, misalnya kolom fluida air raksa atau air pada temperatur 20 Degree C. Dengan cara ini, maka tekanan atmosfer pada permukaan air laut , jika rapat massa air raksa adalah 13,591 g/cm3 , adalah 760 mmHg. (sama dengan 1 atmosfer).

Berikut diberikan beberapa satuan tekanan yang biasa digunakan yaitu :

1 atm = 14,696 psia.
= 2116 lbf/ft2
= 760 mm Hg.

1 kg/cm²g = 14,22 psig
= 0,98 bar.

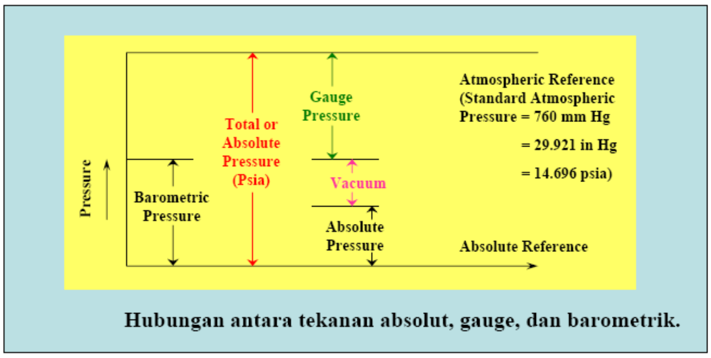
1 N/m2 = 1 Pa

Pengukuran tekanan dapat dilakukan antara lain dengan menggunakan :

1. Manometer kolom cairan.
2. Elemen bellows.
3. Elemen Diafragma.
4. Elemen Bourdon.
5. Elemen Tahanan Listrik. (Strain gage).
6. Elemen Piezoelektrik.
7. Meter kecepatan turbin
8. meter aliran magnetik.
9. meter aliran massa.

Tekanan didefinisikan sebagai gaya dibagi dengan luas permukaan atau penampang,atau ditulis dalam persamaanberikut:

Definisi: $P = \frac{F}{A}$



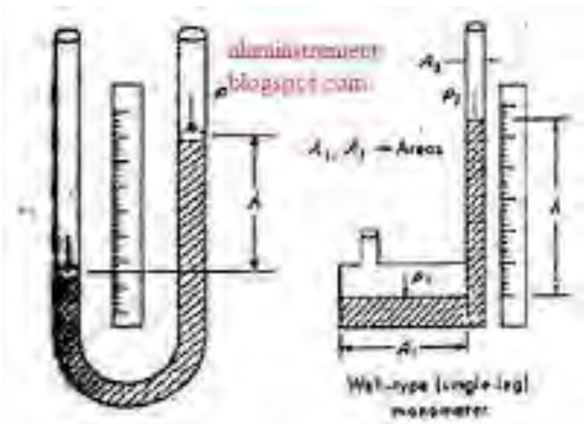
Gambar 3.64 Hubugan tekanan absolute, gauge dan barometrik

Beberapa Metode Pengukuran Tekanan

1. Manometer method yang merupakan metode paling sederhana
2. Elastic Pressure Transducers, U-tube, manometer,Well-type manometer, Barometer, Micromanometer, C-type bourdon tube, pressure gauge, Diaphragm pressure transducerBellows
3. Pressure measurement by measuring vacuum
4. Force-Balance Pressure Gauge
5. Electrical pressure Transducer

2.1 U-tube manometer

Zat Cair Tabung U.adalah contoh sederhana pengukuran tekana yang menggunakan kolom zat cair. Prinsip yang terjadi pada tabung U adalah bahwa tekanan pada



Gambar 3.65 Manometer Tabung U Dengan Kolom Zat Cair.

Pada manometer U, beda tekanan pada kedua kaki pipa (P1 – P2),

P1 – P2 = $\rho g h$

Pada rumus diatas , P1 adalah tekanan yang diberikan oleh fluida yang bersankutan setinggi h , besar dari tekanan tersebut adalah :

P1 = $\rho g h$

Di mana :

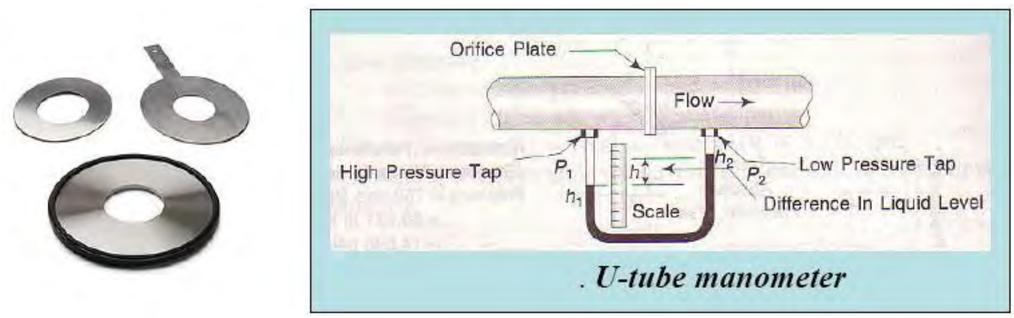
P1 = tekanan media yang ingin diketahui.

= masa jenis cairan

g = percepatan grafitasi

h = beda tinggi cairan pada kedua kaki pipa U

Keuntungan dari jenis manometer zat cair adalah : a) Sederhana dan murah. b) Perawatannya mudah. c) Ketelitiannya cukup bagus. d) Cocok diterapkan pada tekanan rendah. Adapun kelemahan dari manometer zat cair adalah : a) Kebanyakan terbuat dari kaca, maka mudah pecah. b) Dalam operasinya memerlukan pengaturan posisi (leveling). c) Hanya cocok untuk fluida tertentu. d) Tidak dapat dipakai untuk tekanan dinamik. Elemen Bellows Pengukuran tekanan dengan bellows sangat populer digunakan di industri karena dianggap lebih andal dan mudah ditangani. Elemen Bellows merupakan elemen elastic pada arah aksial .Biasanya terbuat dari kuningan , fosfor, berrillium- tembaga ,monel , stainless steel, inconel . Dengan elemen ini dapat diperoleh hubungan yang linier antara tekanan dan simpangan (perubahan volume).



Gambar 3.66 Manometer U

Pada u tube berlaku:

$$(P_1 - P_2) = (\rho - \rho_l)(h_1 - h_2)g$$
$$P = (\rho - \rho_l)gh$$

Dimana:

ρ = densitas fluida di dalam U-tube

ρ*l*

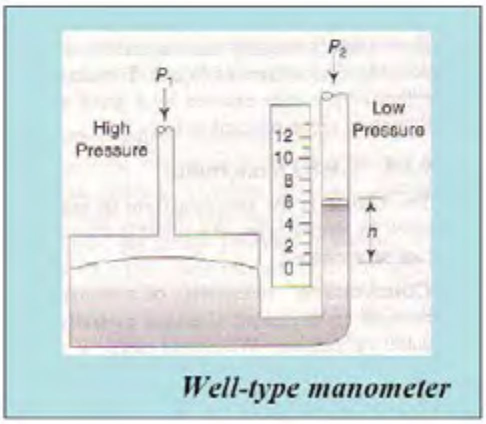
= densitas fluida yang diukur tekanannya

h = (*h1* – *h2*), perbedaan ketinggian fluida dalam U-tube

g = percepatan grafitasi

2.2 Well-type manometer

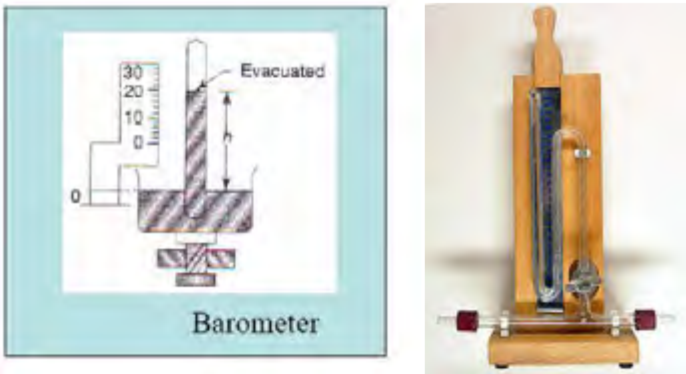
Banyak digunakan karena pengukurannya lebih mudah: pembacaan hanya pada salah satu leher tube. Akurasi tinggi dapat tercapai jika *zero-level* pada well diset pada *zero-level* pada skala sebelum pembacaan dilakukan



Gambar 3.67 Well type manometer

2.3 Barometer

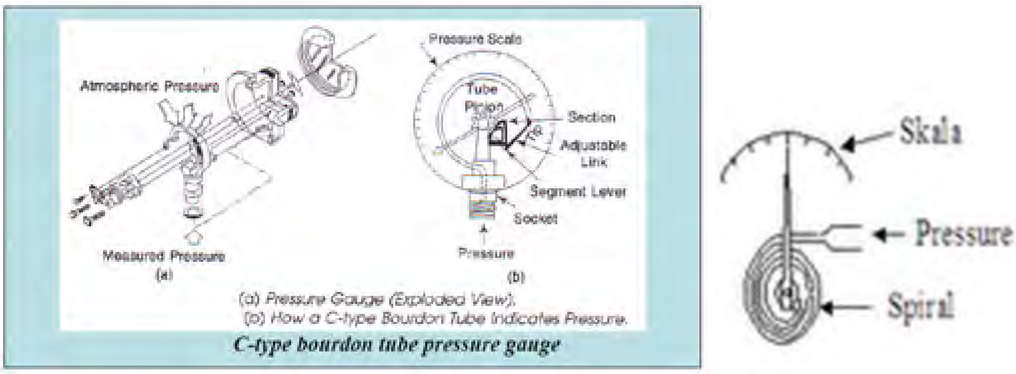
Alat ukur tekanan absolute dengan rentang tekanan dari zero absolute sampai atmospheric pressure. Biasanya dinyatakan dalam mm Hg.



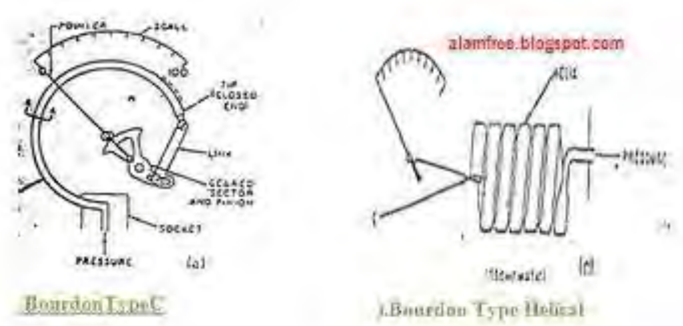
Gambar 3.68 Barometer

2.4 Elastic Pressure Transducer

Menggunakan elemen sensor elastis: Bourdon tube, bellows, dan diaphragm.



(a)



(b)

Gambar 3.69 (a) Kerja Bourdon tube

(b) Dua jenis Bourdon Pressure Transducer

Pada prinsipnya elemen Bourdon adalah suatu tabung yang pipih, Perbedaan antara sisi luar dan sisi dalam (tekanan tinggi) menyebabkan tabung cenderung untuk berubah bentuk menjadi lingkaran . Hal ini akan menyebabkan terjadinya distorsi bentuk sistem berupa translasi lengkung ujung bebas dari tabung Bourdon tipe C, Spiral, dan Heliks.

Beberapa kelebihan dari pengukuran jenis ini adalah :

1) Konnstruksinya sederhana dan murah.
2) Dapat digunakan untuk mengukur tekanan yang berbeda.
3) Mempunyai banyak daerah ukur yang berbeda.
4) Dapat dikalibrasi dengan mudah.
5) Kepekaannya dapat diubah dengan mengubah dimensi.
6) Mempunyai karakteristik yang bagus pada seluruh daerah kerjanya.

Adapun kelemahannya antara lain :

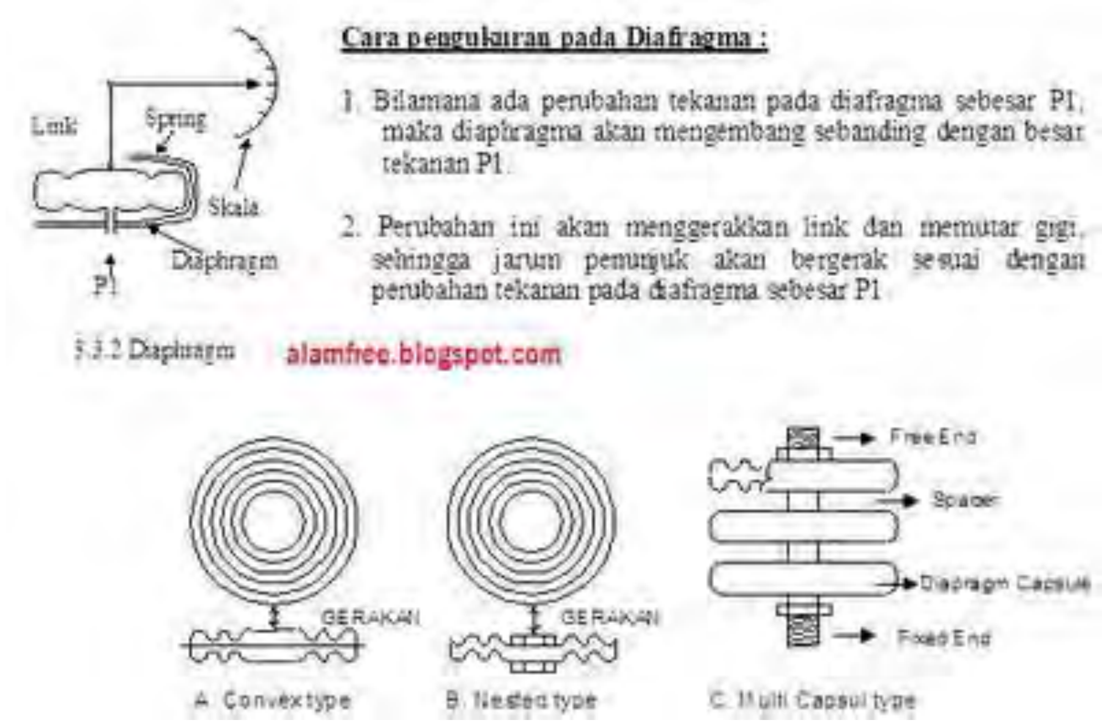
1) Responnya lambat.
2) Mudah dipengaruhi olek getaran dan kejutan.
3) Mempunyai sifat histerisis

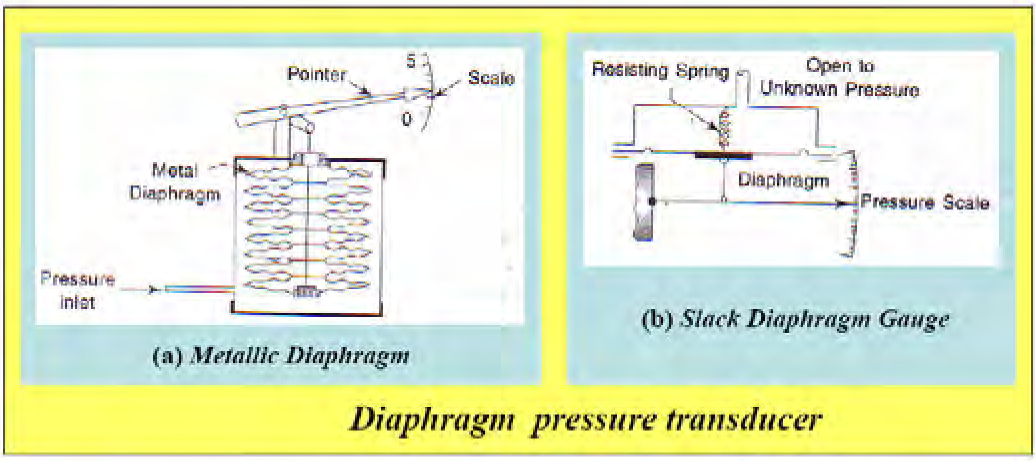
2.5 Diaphragm Pressure Transducer

Digunakan secara luas untuk tekanan gauge; dan dapat mendeteksi tekanan rendah: 0 – 4 mm.

Pengukuran dengan Elemen Diafragma. Diafragma sebagai elemen pengukur terdiri atas dua jenis yaitu :

1. Diafragma Metal, yang umumnya terbuat dari bahan fosfor perunggu, berrilum tembaga, stainless steel, dsb.
2. Diafragma Non Metal, yang dalam kontrusinya biasanya dilengkapi pegas kumpara . Untuk pengukuran tekanan absolut, tekanan yang diukur dimasukkan pada kapsul,sedangkan sistem dimasukkan kedalam ruang hampa. dengan demikian kapsul ada pada ruang hampa. Untuk pengukuran relatif, sistem dimasukkan dalam atmosfir.





Gambar 3.70 Diaphragm Pressure Transducer

Jenis dari elemen diafragma adalah :

a. Convex type

b. Nested type

c Multi capsule type.

Adapun beberapa kelebihan dari elemen diafragma adalah ;

a) Karakteristik overange tinggi.

b) Mempunyai linieritas yang baik

c) Baik untuk pengukuran mutlak maupun differential.

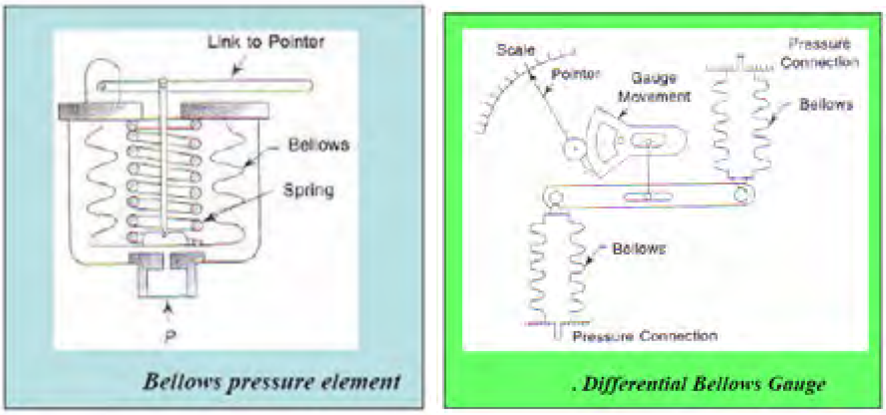
d) Tersedia dalam berbagai bahan antara lain sangat tahan terhadap korosi.

e) Dimensi dapat kecil sekali.harganya tidak terlalu mahal. Adapun kelemahannya antara lain :

a) Sangat peka terhadap getaran dan kejutan.

b) Jika rusak sangat sukar untuk diperbaiki.

2.6 Bellows



Bellows pressure element

. Differential Bellows Gauge

Gambar 3.71 Bellows

Digunakan untuk mengukur tenakan absolut (tekanan rendah)Range: tekanan rendah sampai 155.1 mmHg (3 psi) atau sampai 40 mmHg, jika bellows dibuat cukup besar. Pada umumnya sebagian besar bellows digunakan untuk pengukuran tekanan pada daerah yang rendah, (absolute atau differential) , .Pemakaian yang banyak adalah sebagai elemen pengukuran, recorder , dan elemen pengendalian (controller) dengan jenis pneumatic. Keunggulan Elemen Bellows antara lain adalah :

a) Kontruksinya kuat dan sederhana, dan harganya agak murah.

b) Baik untuk tekanan rendah dan menengah.

c) Dapat digunakan untuk tekanan mutlak, relatif,dan differrential. Adapun Kelemahannya adalah :

a) Memerlukan kompensasi temperature.

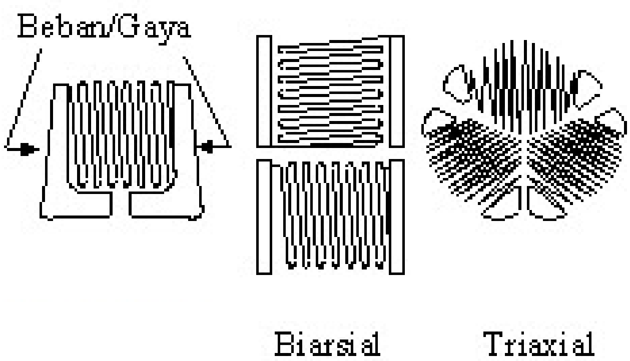
b) Tidak dapat digunakan untuk mengukur tekanan tinggi.

c) Tidak cocok untuk mengukur tekanan dinamik.

d) Mempunyai histerisis dan drift yang besar.

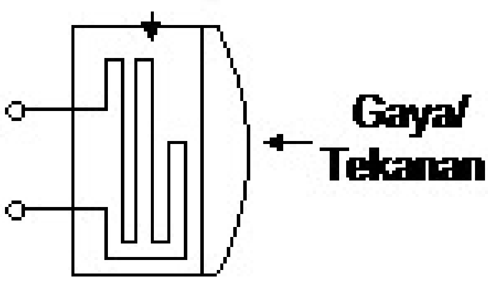
2.7 Elemen Pengukuran dengan Strain Gage.

Strain Gage adalah elemen tranducer yang dapat merubah perubahan dimensi linier (panjang perpindahan , pegerakan) menjadi perubahan tahanan listrik . Strain gage dapat dilekatkan pada batang atau kolom metal, elemen diafragma metal, elemen tabung bourdon dsb. Beberapa kelebihan alat ini antara lain : a) Ukurannya kecil dan mudah dipasang. b) Ketelitiannya sangat tinggi. c) Daerah pengukurannya sangat lebar. d) Kestabilannya sangat tinggi. e) Sinyal keluarannya dapat dikondisikan denganmudah. f) Tidak ada bagian bagian yang bergerak g) Tidak peka terhadap getaran dan kejutan. h) Kecepatan responnya tinggi, sehingga dapat digunakan untuk pengukuran tekanan dinamik. Sedangkan kelemahannya : a) Sensitif terhadap temperatur. b) Harganya mahal. c) Memerlukan sumber tegangan listrik yang stabil



Gambar 3.72 Strain gage

2.8 Transduser Piezoelectric.

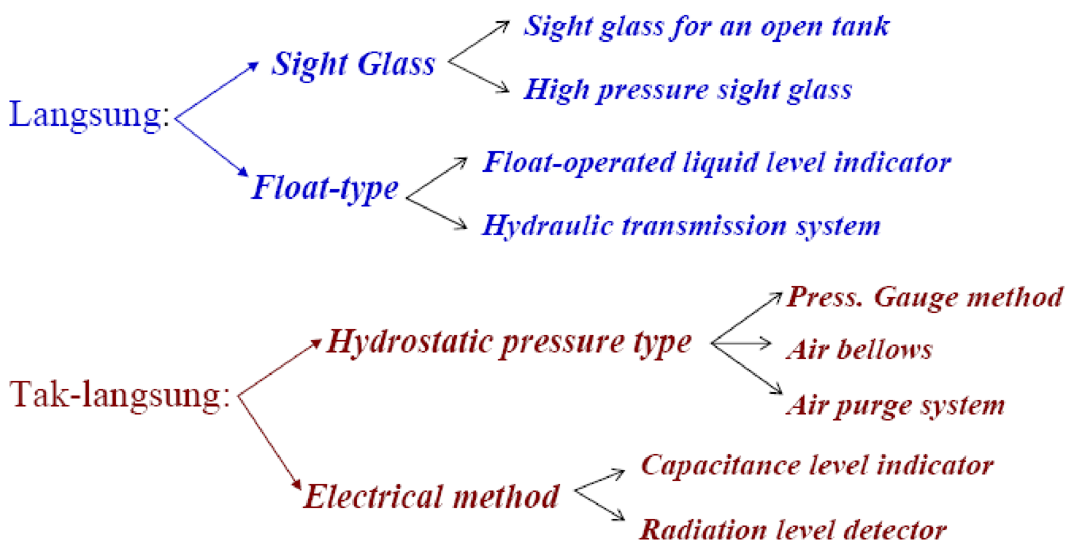


Gambar 3.73 Transduser Piezoelectric

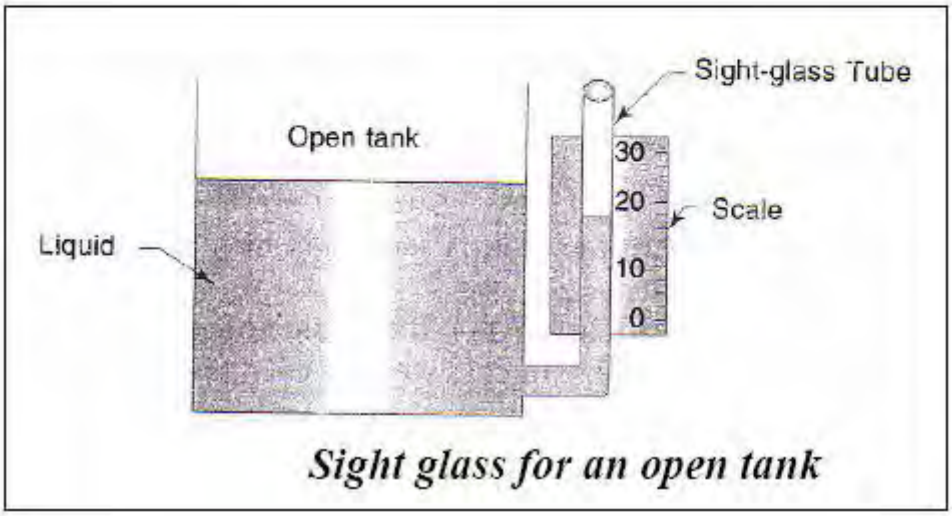
Prinsip kerja dari elmen ini adalah dibangkitkannya tegangan listrik diantara kedua permukaan kristal oleh karena adanya deforsi. Jika deforsi tsb disebabkan oleh gaya / tekanan yang bekerja pada kristal, maka bisa diperoleh hubunga antara tekanan dan sinyal listrik. Contoh yang banayak dijumpai adalah micropun. Untuk mengukur tekanan udara, bahan yang banyak digunakan adalah garam rochele, quartz, barium titanat, lithium sulfat dsb. Tag search : pressure reducing valve, pressure pump, high pressure, air pressure measure, differential pressure, ashcroft pressure switches, pressure sensor, gauge pressure, on line conversions, water pressure, pressure transducer

3. Pengukuran Level

Pengukuran level merupakan salah satu pengukuran tertua, pengukuran ini penting dalam proses industry. Pengukuran level dilakukan karena level berpengaruh terhadap tekanan dan laju alir masuk dan keluar tangki. Metode Pengukuran dilakukan dengan cara langsung dan tidak langsung, sebagaimana gambar berikut ini.

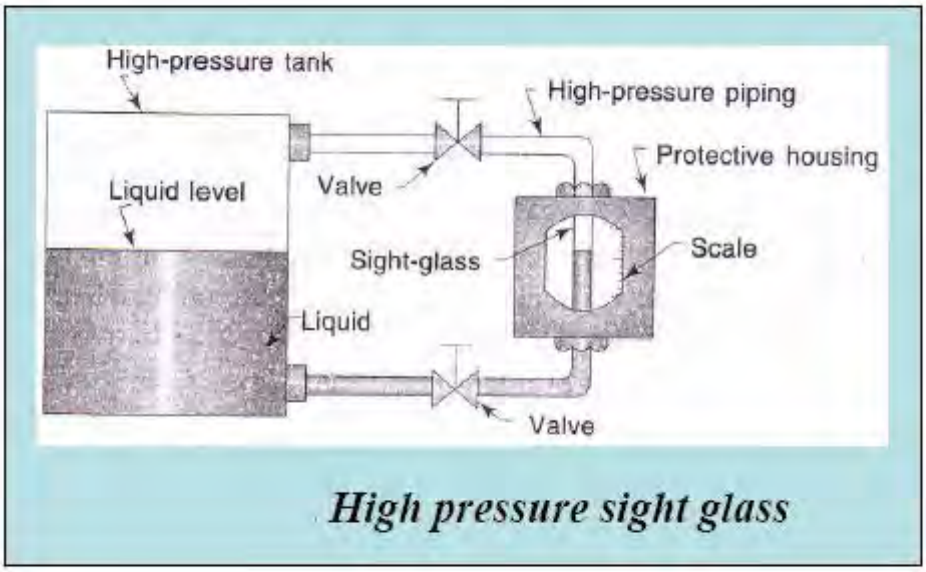


3.1 *Sight Glass*



Gambar 3.74 Sight Glass

Disebut juga *gauge glass*; digunakan untuk pengukuran level cairan dalam tangki secara kontinyu. Ketika level cairan dalam tangki bergerak naik atau turun, level cairan dalam sight glass juga bergerak naik dan turun, shg level dapat dibaca pada skala. Cairan dalam sight glass boleh tidak sama dengan cairan dalam tangki.



Gambar 3.75 Sistem Sight Glass

Batasan:Panjang glass ≤ 900 mm. Jika lebih; 2 atau lebih sight glass harus disediakan untuk level yang berbeda. Mampu menahan tekanan: 350 psi (steam 252 oC) 1000 psi (cairan) Untuk tekanan tinggi, *sight glass* harus dihubungkan dgn tangki pada bagian atas dan bawah. Jika tidak perbedaan tekanan antara tangki dan sight glass akan menyebabkan kesalahan pembacaan.

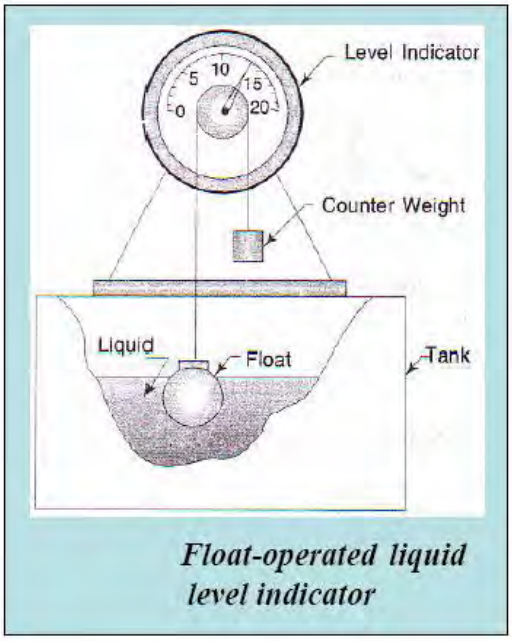
Valve dipasang untuk mencegah pecahnya glass. Kelebihan alat ukur ini adalah:

1. Pembacaan langsung sangat memungkinkan.
2. Perancangan khusus tersedia untuk penggunaan sampai 316 oC dan 1000 psi.
3. Glass tahan terhadap korosi.

Sedangkan Kekurangan alat ini adalah:

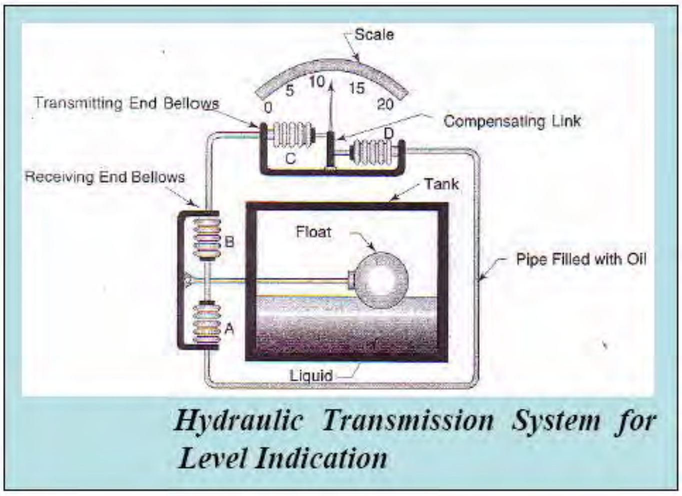
1. Hanya dapat dibaca di lokasi tangki.
2. Cairan di dalam sight glass mungkin membeku pada musim dingin, sehingga menyebabkan kesalahan pembacaan.
3. Cairan yang mengandung padatan tak-larut atau cairan kental (viscous) tidak dapat diukur levelnya dengan baik.
4. Akurasi tergantung pada kebersihan glass dan cairan.

3.2 *Float-Type Level Indicator*



Gambar 3.76 Float-Type Level Indicator

Pergerakan float ditransmisikan melalui *stainless steel* atau *phosphor bronze flexible cable* ke *pointer* , dan pointer menunjukkan ketinggian cairan dalam tangki. Standard Liquid Level: ½ ft – 60 ft (0,15 – 1,52 m)



Gambar 3.77 transmisi hidrolik Level Indicator

Level cairan dapat ditransmisikan ke suatu tempat dengan sistem transmisi hidrolik. Empat elemen bellow terhubungkan satu sama lain melalui pipa berisi minyak:

2 di receiver (A & B)

2 di transmitter (C & D)

Float naik: A mengembang dan B tertekan, minyak di pipa mengalir dari B ke C, dan D ke A, pointer bergerak ke kanan; Bagaimana jika sebaliknya? Transmisi Level : sampai 250 ft (6,35 m), Kelebihan dan kekurangan alat ini adalah:

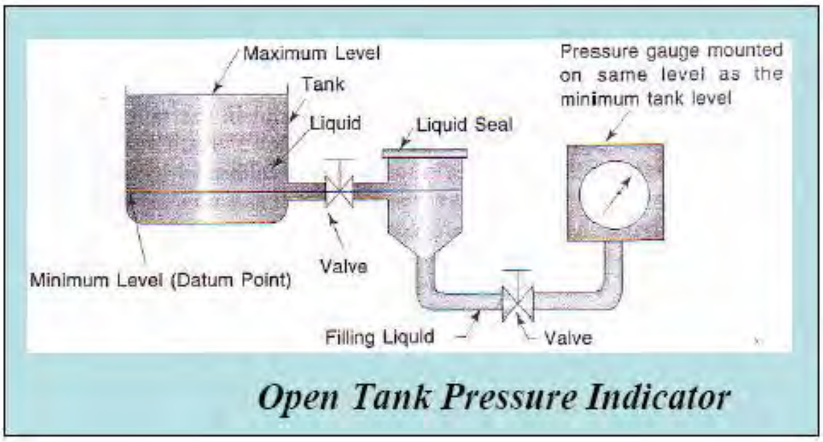
Kelebihan

1. Memungkinkan membaca level cairan di dalam tangki dari level dasar, meskipun tangki dipasang di daerah bawah tanah.
2. Beaya murah, dan perancangannya terpercaya.
3. Dapat dioperasikan pada suhu yang relatif tinggi.
4. Terdapat berbagai pilihan material yang tahan korosi untuk merancang tipe ini.

Kekurangan:

1. Terbatas untuk pengukuran level menengah (moderate).
2. Bentuknya disesuaikan dengan geometri tangki.

3.3 Pressure Gauge Method



Gambar 3.78 open Tank Pressure Indicator

Metode paling sederhana untuk pengukuran level tangki terbuka. Tekanan hidrostatik:

$$P = \rho h S_g$$

Level cairan:

$$h = \frac{P}{\rho S_g}$$

P = tekanan: psi atau N/m2

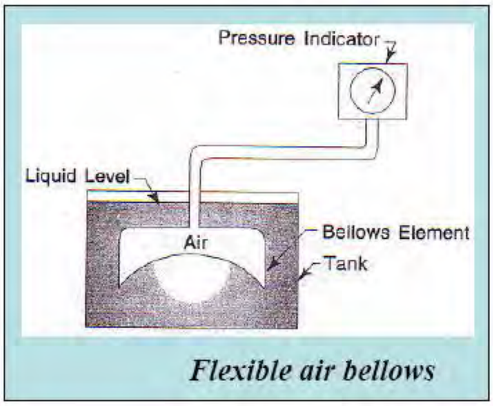
ρ = densitas air

Sg= specific gravity

h = tinggi cairan

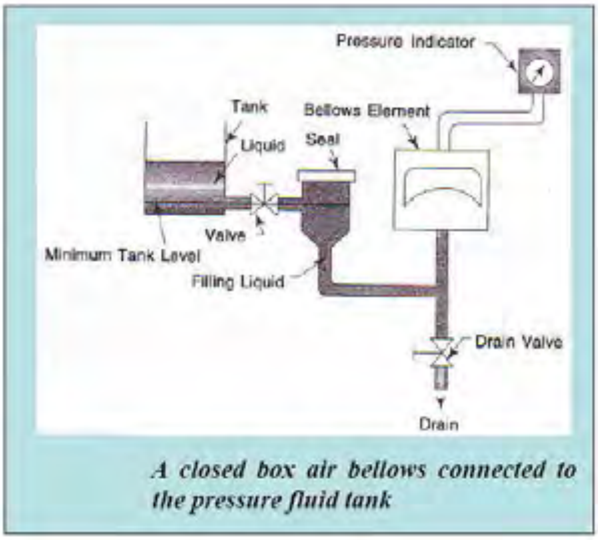
Pext = tekanan cairan eksternal (tangki tertutup)

3.4 Air Bellows



Gambar 3.79 Bellows

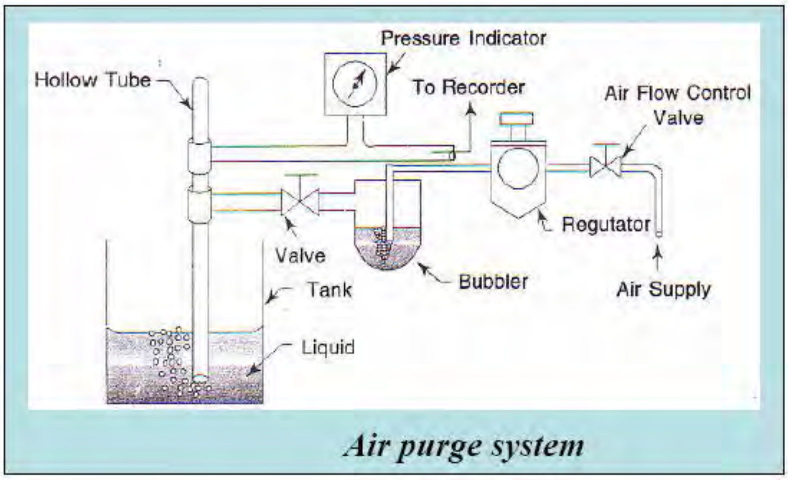
Ketika instrumen tidak dapat diletakkan di datum tertentu, dipilih air bellows *Bellows element* dihubungkan dengan *press indicator* menggunakan pipa. Ketika tangki kosong, udara tidak tertekan dan menunjukkan tekanan nol. Saat tangki terisi cairan, udara dalam bellows tertekan, dan pointer bergerak menunjukkan tekanan cairan dalam tangki. Tekanan ini dikalibrasikan menjadi tinggi cairan (level).



Gambar 3.80 Saat tangki terisi cairan, udara dalam bellows tertekan, dan pointer bergerak menunjukkan tekanan cairan dalam tangki

Aplikasi Industri alat ini dapat dilihat pada gambar di atas, Liq seal digunakan untuk pengukuran level cairan yang korosif atau viscous.

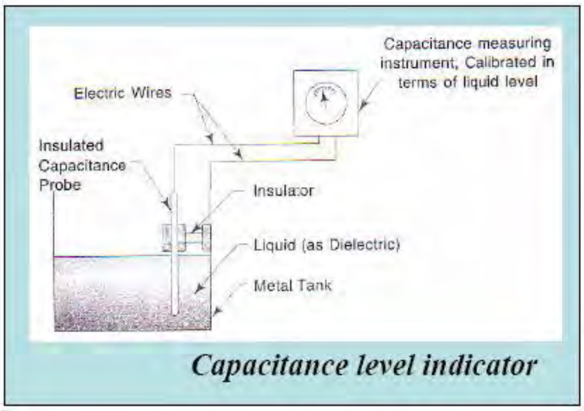
3.5 Air Purge System



Gambar 3.81 Air Purge System

Alat ukur ini menggunakan Bubbler tube, Cocok untuk semua caira. Jika tangki kosong, udara keluar dari tube, dan tidak ada tekanan baliksehingga tekanan nol. Jika tinggi cairan bertambah, aliran udara terhambat oleh ketinggian cairan tsb, menghasilkan tekanan balik yang menyebabkan pointer bergerak. Pergerakan pointer dikalibrasikan menjadi besaran tinggi cairan.

3.6 *Capacitance Level Indicator*



Gambar 3.82 Air Capacitance Level Indicator

Parallel plate capacitor:

$$C = K\frac{A}{D}$$

Dimana:

C = *capacitance*: farad

K = konstanta dielektrik

A = luas *plate, m2*

h = jarak dua *plate*: m

Jika tinggi cairan naik: capacitance naik, begitu juga sebaliknya. • Naik turunnya capacitance dikalibrasikan ke dalam term level cairan. Capacitance Level Indicator memiliki kelebihan dan kekyrangan sebagai berikut;

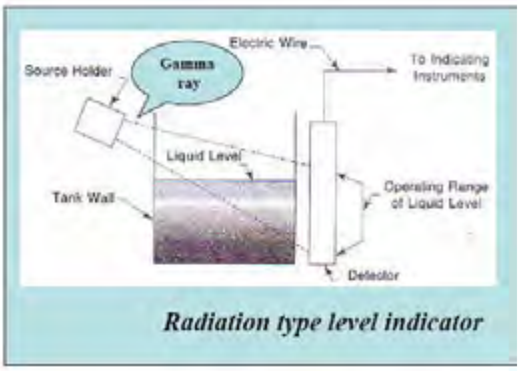
Kelebihan:

1. Sangat berguna untuk sistem dengan ukuran sangat kecil.
2. Sangat sensitif.
3. Cocok untuk sistem pengendalian atau untuk indikasi kontinyu.
4. Baik untuk slurry.
5. Prob material untuk fluida korosif tersedia

Kekurangan:

1. Kinerjanya dipengaruhi oleh pengotor fluida, karena pengotor dapat mengubah konstanta dielektrik.
2. Sensitif terhadap perubahan suhu.
3. Fluida tertentu harus menggunakan Prob yang cocok.
4. Panjang prob harus sesuai dengan panjang dinding tangki.

3.7 Radiation Level Detector



Gambar 3.83 Radiator Level detector

Digunakan ketika metode elektrik yang lain tidak Memungkinkan, instrument ini tidak memerlukan kontak dengan cairan yang diukur. Jika tangki kosong: γ*ray* menembus dua dinding tangki dan udara dalam tangki. Jika tangki berisi cairan: cairan dalam tangki mengurangi radiasi γ*ray* . Besarnya radiasi berbanding terbalik dengan volume cairan dalam tangki.Radiation Level Detector memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

Kelebihan:

1. Tidak ada kontak fisik dengan cairan.
2. Cocok untuk cairan: korosif, abrasif, *viscous*, *adherent*
3. Cocok untuk sistem suhu dan tekanan tinggi.
4. Mempunyai akurasi dan respon yang baik.
5. Tidak mempunyai bagian yang bergerak.

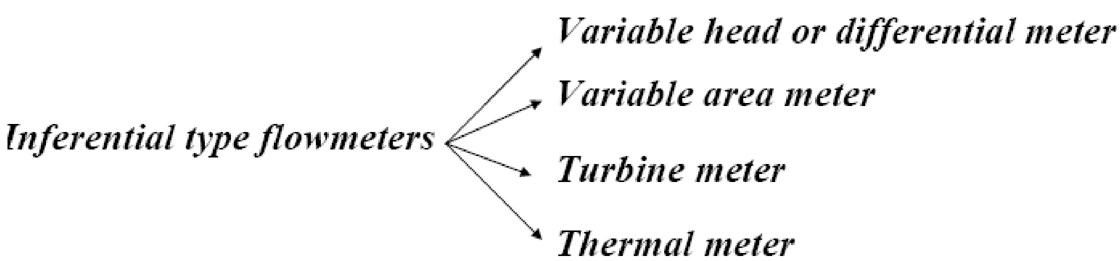
Kekurangan:

1. Pembacaannya dipengaruhi oleh perubahan densitas cairan.
2. *Source holder* mungkin sangat berat.
3. Harga relatif mahal

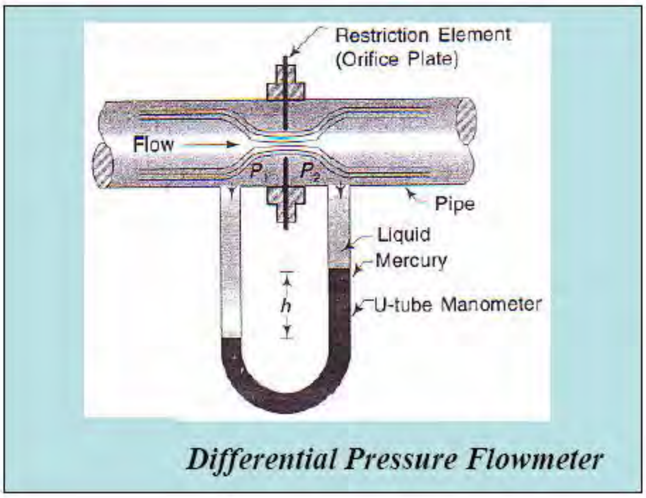
4. Pengukuran Laju aliran

Pengukuran laju aliran merupakan pengukuran tertua di bidang Instrumentasi, Pengukuran dilakukan untuk menentukan jumlah material yang masuk atau keluar proses. Metode pengukuran laju aliran dilakukan dengan metode:

1. *Inferential type flowmeter*
2. Quantity flowmeter
3. *Mass flowmeter*



4.1 Variable Head or Differential Meter



Gambar 3.84 Differential Meter

Salah satu metode tertua dan sering digunakan di industry Dari teori Bernoulli:

Laju alir massa

$$q = c_d . A_2 \left[\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1-\beta^4)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dimana: *q* = laju alir volumetric

m = laju alir massa

$$m = C \ A_2 \sqrt{2(p_1 - p_2)\rho}$$

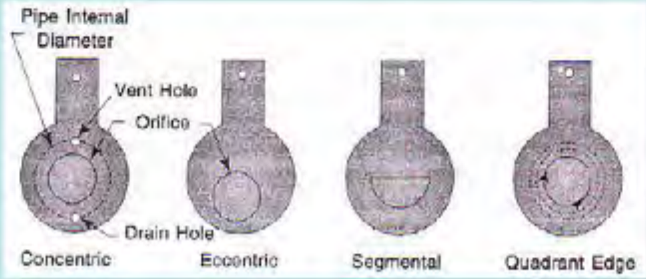
A = Luas penampang orifice

h = *differential head (pressure)* melewati tahanan dalam pipa

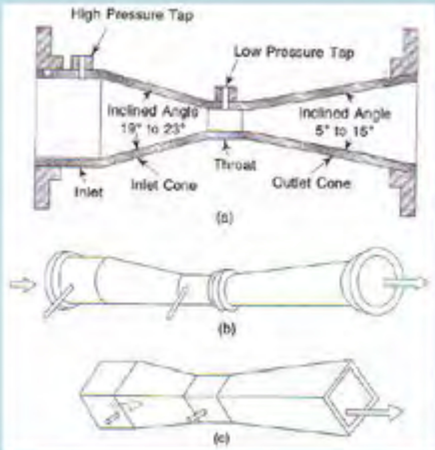
$$\beta = diameter\ ratio = \frac{d(diameter\ of\ restriction\ element)}{D(inside\ diameter\ of\ the\ pipe)}$$

cd = *discharge coefficient*

$$\beta = diameter\ ratio = \frac{d(diameter\ of\ restriction\ element)}{D(inside\ diameter\ of\ the\ pipe)}$$



. *Orifice Plates*



Venturi tubes: (a) ***Classic*** ; (b) ***Eccentric*** ; (c) ***Rectangular***



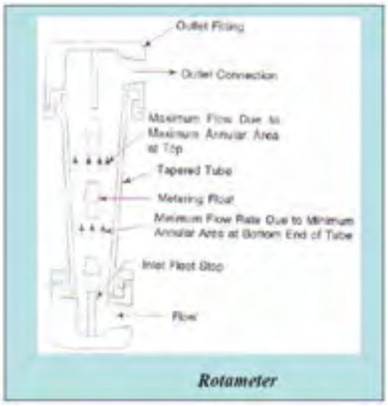
copper aspirator.



Venturi tube

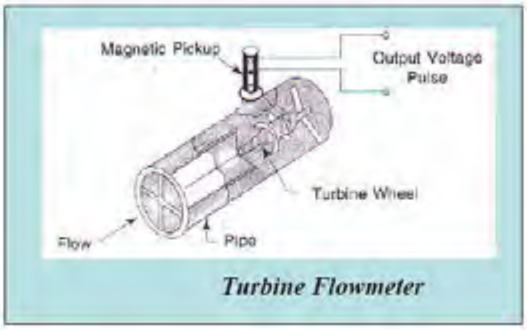
Gambar 3.85 Variable Head or Differential Meter

4.2 Variable Area Flowmeter



Gambar 3.86 Rotameter

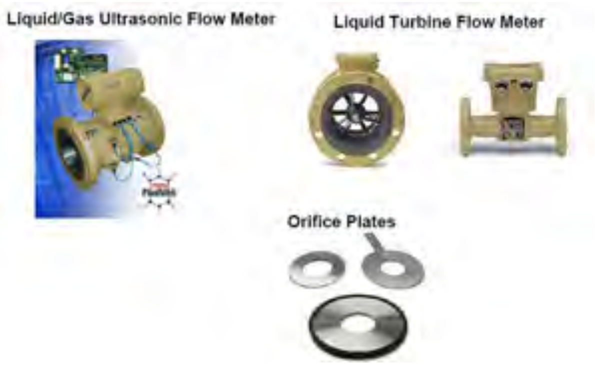
4.3 Turbine Flowmeter



Gambar 3.87 Turbin Flowmeter

Aplikasi instrument ini biasanya pada militer, sistem pencampuran (industri petroleum), *Aerospace* and *airborne dan Cryogenic* (liq. O2 and N2). Instrumen Cocok untuk pengukuran cairan dan gas dengan laju alir sangat rendah, dengan akurasi: ±1/4 s.d. ±1/2

4.4 Liquid Measuring Devices:

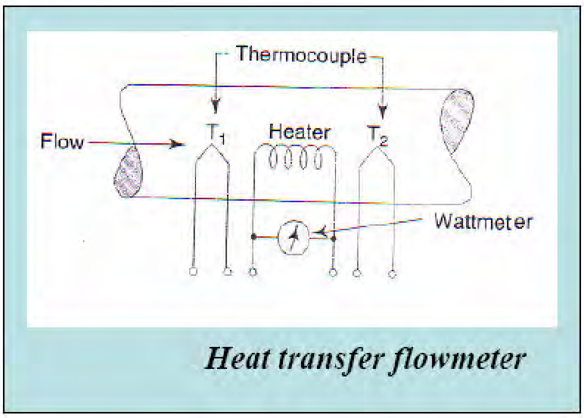




Gambar 3.88 Liquid Measuring Devices

4.5 Thermal Flowmeter

Sangat populer untuk pengukuran aliran gas tidak tunak. Ada 2 : heat transfer flowmeter dan hot-wire flowmeter.



Gambar 3.89 Heat transfer

Pada instrumrn ini berlaku persamaan:

$$Q = WC_P(T_2 - T_1)$$

$$W = \frac{Q}{C_P(T_2 - T_1)}$$

Dimana:

Q = perpindahan panas

W = laju alir massa fluida

CP = Kapasitas panas fluida

T1 = suhu fluida sebelum dipanaskan

T2 = suhu fluida setelah dipanaskan

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

Penilaian Diri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.					
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya memahami karakteristrik Instrumen ukur aliran				
C	**Keterampilan**				
1	Saya mampu mengidentifikasi instrument logam ukur				
2	Saya mampu mengidentifikasi instrument suhu				
3	Saya mampu mengidentifikasi instrument tekanan				
4	Saya mampu mengidentifikasi instrument aliran				
5	Saya mampu mengidentifikasi instrument level				

B. Review

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar !

1. Sebutkan lima jenis elemen instrument ukur!
2. Jelaskan jenis kesalahan pada pengukuran!
3. Apa yang dimaksud kalibrasi
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan :
    a. Rantai kalibrasi
    b. Ketertelusuran
    c. Kemudahan baca
    d. Kepasifan
    e. Pergeseran
    f. Pengambangan
    g. Kesetabilan nol
5. Sebutkan empat alat ukur listrik elektronik, alat ukur mekanik. Hidrolikdan pneumatic, beserta dengan fungsinya!
6. Sebutkan masing-masing dua instrument ukur tekanan, aliran, level dan suhu!

C. Tugas mandiri

Tugas:

Pada bab di atas kamu telah mempelajari jenis instruentasi, pada tugas mandiri ini kerjakan:

4. Lakukan pembongkaran instrument yang ada di sekolah, kemudian identifikasi komponen dan mekanisme alat ukur tersebut.

BAB 4

Pemeliharaan Instrumentasi Ukur

KATA KUNCI:

- ✓ Pemeliharaan
- ✓ Prefentif
- ✓ Inpeksi
- ✓ Kuratif

Deskripsi

Pada materi pembelajaran Pemeliharaan dan Perbaikan Instrumen Logam ini, Kamu akan diperkenalkan dengan materi khas dari Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri Paket Keahlian Instrumentasi Logam yang membahas lingkup materi instrumentasi logam dan pemeliharaannya. Pada awal pembelajaran kamu akan diberikan penjelasan tentang pengertian instrumentasi dan lingkup instrumentasi logam, selanjutnya kamu akan mempelajari berbagai instrument logam yang meliputi karakteristik dan pemeliharaannya.

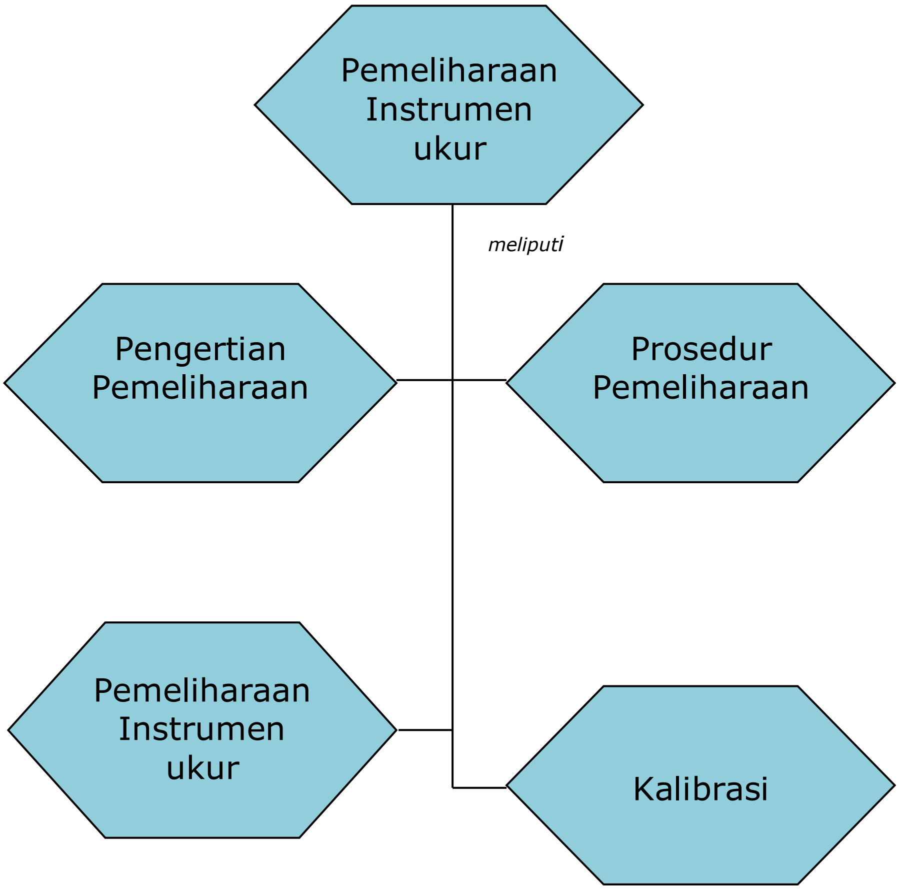
Dikarenakan banyaknya jenis instrumentasi logam yang ada dan di gunakan di dunia Industri, tentu saja kamu harus menggali kembali dari berbagai sumber untuk lebih mendalami berbagai ragam instrument logam yang digunakan di Industri.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 2 ini, Kamu diharapkan dapat;

1. Memahami prosedur pemeliharaan Instrumen Logam ukur
2. Memahami prinsip pemeliharaan dan perbaikan komponen instrumen logam ukur
3. Melaksanakan pemeliharaan Instrumen Logam ukur

Peta Konsep


Pemeliharaan Instrumen ukur
meliputi
Pengertian Pemeliharaan
Prosedur Pemeliharaan
Pemeliharaan Instrumen ukur
Kalibrasi

Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini :

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	Memahami berbagai jenis pemeliharaan instrumen				
2	Memahami prosedur pemeliharaan instrument Logam				
3	Melakukan pemeliharaan instrument logam				
4	Menyelesaikan evaluasi dan tugas proyek				

............................, ...

Guru	Orangtua/Wali Siswa	Siswa
....	....	....

Uraian Materi

Pemeliharaan Instrumentasi Ukur

A. Definisi Pemeliharaan

Pemeliharaan mesin merupakan hal yang sering dipermasalahkan antara bagian pemeliharaan dan bagian produksi. karena bagian pemeliharaan dianggap yang memboroskan biaya, sedang bagian produksi merasa yang merusakkan tetapi juga yang membuat uang Pada umumnya sebuah produk yang dihasilkan oleh manusia, tidak ada yang tidak mungkin rusak, tetapi usia penggunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan yang dikenal dengan pemeliharaan. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi kegiatan pemeliharaan dan perawatan mesin yang digunakan dalam proses produksi.

Kata pemeliharaan diambil dari bahasa yunani *terein* artinya merawat, menjaga dan memelihara. Pemeliharaan adalah suatu kobinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Untuk Pengertian Pemeliharaan lebih jelas adalah tindakan merawat mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui umur masa pakai dan kegagalan/kerusakan mesin. Pemeliharaan adalah segala kegiatan yang di dalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik.

Beberapa ahli menjelaskan bahwa pemeliharaan (*maintenance*) adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas). Adapula yang menjelaskan bahwa pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu

keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Dari beberapa pendapat di atas bahwa dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan perusahaan agar dapat melaksanakan produksi dengan efektif dan efisien sesuai dengan pesanan yang telah direncanakan dengan hasil produk yang berkualitas.

B. Tujuan Pemeliharaan

Suatu kalimat yang perlu diketahui oleh orang pemeliharaan dan bagian lainnya bagi suatu pabrik adalah pemeliharaan (*maintenance*) murah sedangkan perbaikan (*repair*) mahal. Tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefenisikan sebagai berikut:

1) Untuk memperpanjang kegunaan *asset*,
2) Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin,
3) Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu,
4) Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Selain itu pemeliharaan bertujuan juga untuk

1) Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi,
2) Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu,
3) Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut,
4) Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien,
5) Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja,
6) Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

C. Fungsi Pemeliharaan

Fungsi pemeliharaan adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi. Keuntungan-keuntungan yang akan diperoleh dengan adanya pemeliharaan yang baik terhadap mesin, adalah sebagai berikut :

1) Mesin dan peralatan produksi yang ada dalam perusahaan yang bersangkutan akan dapat dipergunakan dalam jangka waktu panjang,
2) Pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan yang bersangkutan berjalan dengan lancar,
3) Dapat menghindarkan diri atau dapat menekan sekecil mungkin terdapatnya kemungkinan kerusakan-kerusakan berat dari mesin dan peralatan produksi selama proses produksi berjalan,
4) Peralatan produksi yang digunakan dapat berjalan stabil dan baik, maka proses dan pengendalian kualitas proses harus dilaksanakan dengan baik pula,
5) Dapat dihindarkannya kerusakan-kerusakan total dari mesin dan peralatan produksi yang digunakan,
6) Apabila mesin dan peralatan produksi berjalan dengan baik, maka penyerapan bahan baku dapat berjalan normal,
7) Dengan adanya kelancaran penggunaan mesin dan peralatan produksi dalam perusahaan, maka pembebanan mesin dan peralatan produksi yang ada semakin baik.

D. Kegiatan-kegiatan Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan dalam suatu perusahaan meliputi berbagai kegiatan sebagai berikut:

1) Inspeksi (*inspection*)

Kegiatan ispeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala dimana maksud kegiatan ini adalah untuk mengetahui apakah perusahaan selalu mempunyai peralatan atau fasilitas produksi yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi. Sehingga jika terjadinya kerusakan, maka segera diadakan perbaikan-perbaikan yang

diperlukan sesuai dengan laporan hasil inspeksi dan berusaha untuk mencegah sebab-sebab timbulnya kerusakan dengan melihat sebab-sebab kerusakan yang diperoleh dari hasil inspeksi.

2) Kegiatan teknik (*engineering*)

Kegiatan ini meliputi kegiatan percobaan atas peralatan yang baru dibeli, dan kegiatan-kegiatan pengembangan peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan pengembangan tersebut. Dalam kegiatan inilah dilihat kemampuan untuk mengadakan perubahan-perubahan dan perbaikan-perbaikan bagi perluasan dan kemajuan dari fasilitas atau peralatan perusahaan. Oleh karena itu kegiatan teknik ini sangat diperlukan terutama apabila dalam perbaikan mesin-mesin yang rusak tidak didapatkan atau diperoleh komponen yang sama dengan yang dibutuhkan.

3) Kegiatan produksi (*Production*)

Kegiatan ini merupakan kegiatan pemeliharaan yang sebenarnya, yaitu merawat, memperbaiki mesin-mesin dan peralatan. Secara fisik, melaksanakan pekerjaan yang disarakan atau yang diusulkan dalam kegiatan inspeksi dan teknik, melaksankan kegiatan service dan pelumasan (*lubrication*). Kegiatan produksi ini dimaksudkan untuk itu diperlukan usaha-usaha perbaikan segera jika terdapat kerusakan pada peralatan.

4) Kegiatan administrasi (*Clerical Work*)

Pekerjaan administrasi ini merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan dan biaya-biaya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan, komponen (*spareparts*) yang dibutuhkan, laporan kemajuan (*progress report*) tentang apa yang telah dikerjakan, waktu dilakukannya inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan tersebut, komponen (*spareparts*) yag tersedia di bagian pemeliharaan. Jadi dalam pencatatan ini termasuk penyusunan *planning* dan *scheduling*, yaitu rencana kapan suatu mesin harus dicek atau diperiksa, dilumasi atau di *service* dan di resparasi.

5) Pemeliharaan bangunan (*housekeeping*)

Kegiatan ini merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya.

E. Efisiensi Pada Pemeliharaan

Dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan terdapat 2 persoalan yang dihadapi oleh suatu perusahaan yaitu persoalan teknis dan persoalan ekonomis.

1) Persoalan teknis

Dalam kegiatan pemeliharaan suatu perusahaan merupakan persoalan yang menyangkut usaha-usaha untuk menghilangkan kemungkinan–kemungkinan yang menimbulkan kemacetan yang disebabkan karena kondisi fasilitas produksi yang tidak baik. Tujuan untuk mengatasi persoalan teknis ini adalah untuk dapat menjaga atau menjamin agar produksi perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Maka dalam persoalan teknis perlu diperhatikan hal-hal berikut:

a. Tindakan apa yang harus dilakukan untuk memelihara atau merawat peralatan yang ada, dan untuk memperbaiki atau meresparasi mesin-mesin atau peralatan yang rusak,

b. Alat-alat atau komponen-komponen apa yang dibutuhkan dan harus disediakan agar tindakan-tindakan pada bagian pertama diatas dapat dilakukan.

Jadi, dalam persoalan teknis ini adalah bagaimana cara perusahaan agar dapat mencegah ataupun mengatasi kerusakan mesin yang mungkin saja dapat terjadi, sehingga dapat mengganggu kelancaran proses produksi.

2) Persoalan ekonomis

Dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan disamping persoalaan teknis, ditemui pula persoalan ekonomis. Persoalan ini menyangkut bagaimana usaha yang harus dilakukan agar kegiatan pemeliharaan yang dibutuhkan secara teknis dapat dilakukan secara efisien. Jadi yang ditekankan pada persoalan ekonomis adalah bagaimana melakukan

kegiatan pemeliharaan agar efisien. Dengan memperhatikan besarnya biaya yang terjadi dan tentunya alternative tindakan yang dipilih untuk dilaksanakan adalah yang menguntungkan perusahaan. Adapun biaya-biaya yang terdapat dalam kegiatan pemeliharaan adalah biaya-biaya pengecekan, biaya penyetelan, biaya service, biaya penyesuaian, dan biaya perbaikan atau resparasi. Perbandingan biaya yang perlu dilakukan antara lain untuk menentukan:

a. Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) atau pemeliharaan korektif (*Corrective maintenance*) saja. Dalam hal ini biaya-biaya yang perlu diperbandingkan adalah:
   - Jumlah biaya-biaya perbaikan yang diperlukan akibat kerusakan yang terjadi karena tidak adanya pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*), dengan jumlah biaya-biaya pemeliharaan dan perbaikan yang diperlukan akibat kerusakan yang terjadi walaupun telah diadakan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*), dalam jangka waktu tertentu.
   - Jumlah biaya-biaya pemeliharaan dan perbaikan yang akan dilakukan terhadap suatu peralatan dengan harga peralatan tersebut,
   - Jumlah biaya-biaya pemeliharaan dan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu peralatan dengan jumlah kerugian yang akan dihadapi apabila peralatan tersebut rusak dalam operasi produksi.

b. Peralatan yang rusak diperbaiki dalam perusahaan atau di luar perusahaan. Dalam hal ini biaya-biaya yang perlu diperbandingkan adalah jumlah biaya yang akan dikeluarkan untuk memperbaiki peralatan tersebut di bengkel perusahan sendiri dengan jumlah biaya perbaikan tersebut di bengkel perusahaan lain. Disamping perbandingan kualitas dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaannya.

c. Peralatan yang rusak diperbaiki atau diganti. Dalam hal ini biaya-biaya perlu diperbandingkan adalah:
   - Jumlah biaya perbaikan dengan harga pasar atau nilai dari peralatan tersebut,
   - Jumlah biaya perbaikan dengan harga peralatan yang sama di pasar.

Dari keterangan di atas, dapatlah diketahui bahwa walaupun secara teknis pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) penting dan perlu dilakukan untuk menjamin bekerjanya suatu mesin atau peralatan. Akan

tetapi secara ekonomis belum tentu selamanya pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) yang terbaik dan perlu diadakan untuk setiap mesin atau peralatan. Hal ini karena dalam menentukan mana yang terbaik secara ekonomis. Apakah pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) ataukah pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*) saja. Harus dilihat faktor-faktor dan jumlah biaya yang akan terjadi.

Disamping itu harus pula dilihat, apakah mesin atau peralatan itu merupakan *strategic point* atau *critical unit* dalam proses produksi ataukah tidak, jika mesin atau peralatan tersebut merupakan *strategic point* atau *critical unit,* maka sebaiknya di adakan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) untuk mesin atau peralatan itu. Hal ini dikarenakan apabila terjadi kerusakan yang tidak dapat diperkirakan, maka akan mengganggu seluruh rencana produksi.

F. Jenis Pemeliharaan

Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan Pekerjaan pemeliharaan dikategorikan dalam dua cara , yaitu pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tak terencana (*unplanned maintenance*)

1) Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*)

Pemeliharaan terencana adalah pemeliharaan yang dilakukan secara terorginisir untuk mengantisipasi kerusakan peralatan di waktu yang akan datang, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Pemeliharaan terencana dibagi menjadi dua aktivitas utama yaitu:

a. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan produksi terhenti atau berkurangnya fungsi mesin dikombinasikan dengan pemeliharaan untuk menghilangkan, mengendalikan, kondisi tersebut dan mengembalikan mesin ke kondisi semula atau dengan kata lain deteksi dan penanganan diri kondisi abnormal mesin sebelum kondisi tersebut

menyebabkan cacat atau kerugian. Ada 7 elemen dari pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) yaitu:

a) Inspeksi: memeriksa secara berkala (*periodic*) bagian-bagian tertentu untuk dapat dipakai dengan membandingkan fisiknya, mesin, listrik, dan karakteristik lain untuk standar yang pasti,

b) Kalibrasi: mendeteksi dan menyesuaikan setiap perbedaan dalam akurasi untuk material atau parameter perbandingan untuk standar yang pasti,

c) Pengujian: pengujian secara berkala (*periodic*) untuk dapat menentukan pemakaian dan mendeteksi kerusakan mesin dan listrik,

d) Penyesuaian: membuat penyesuaian secara periodik untuk unsur variabel tertentu untuk mencapai kinerja yang optimal,

e) *Servicing:* pelumasan secara periodik, pengisian, pembersihan, dan seterusnya, bahan atau barang untuk mencegah terjadinya dari kegagalan baru jadi,

f) Instalasi: mengganti secara berkala batas pemakaian barang atau siklus waktu pemakaian atau memakai untuk mempertahankan tingkat toleransi yang ditentukan,

g) *Alignment*: membuat perubahan salah satu barang yang ditentukan elemen variabel untuk mencapai kinerja yang optimal.

b. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan secara korektif (*corrective maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan secara berulang atau pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian (termasuk penyetelan dan reparasi) yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima. (Corder, Antony, K. Hadi, 1992). Pemeliharaan ini meliputi reparasi minor, terutama untuk rencana jangka pendek, yang mungkin timbul diantara pemeriksaan, juga *overhaul* terencana.

Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*) terjadi akibat peralatan yang rusak dan harus segera diperbaiki karena keadaan darurat atau karena merupakan sebuah prioritas utama. Biasanya, pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*) adalah pemeliharaan yang tidak

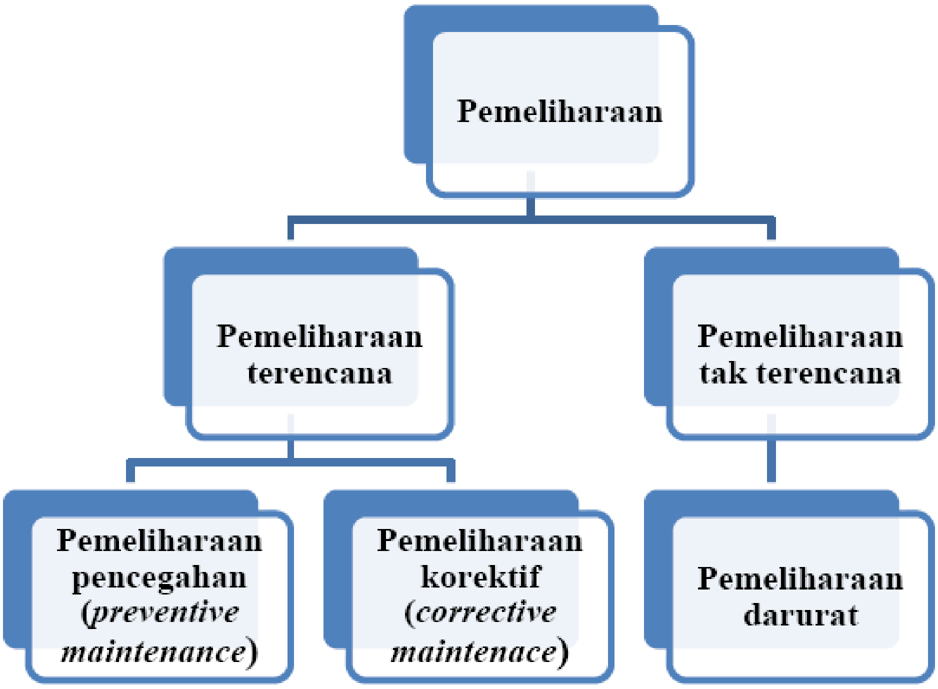
direncanakan, tindakan yang memerlukan perhatian lebih yang harus ditambahkan, terintegrasi, atau menggantikan pekerjaan telah dijadwalkan sebelumnya. Dengan demikian, dalam pemeliharaan terencana yang harus diperhatikan adalah jadwal operasi pabrik, perencanaan pemeliharaan, sasaran perencanaan pemeliharaan, faktor-faktor yang diperhatikan dalam perencanaan pekerjaan pemeliharaan, sistem organisasi untuk perencanaan yang efektif, dan estimasi pekerjaan. Jadi, pemeliharaan terencana merupakan pemakaian yang paling tepat mengurangi keadaan darurat dan waktu nganggur mesin. Adapun keuntungan lainya yaitu:

a) Pengurangan pemeliharaan darurat,
b) Pengurangan waktu nganggur,
c) Menaikkan ketersediaan (*availability*) untuk produksi,
d) Meningkatkan penggunaan tenaga kerja untuk pemeliharaan dan produksi,
e) Memperpanjang waktu antara *overhaul*
f) Pengurangan penggantian suku cadang, membantu pengendalian sediaan,
g) Meningkatkan efisiensi mesin,
h) Memberikan pengendalian anggaran dan biaya yang bisa diandalkan,
i) Memberikan informasi untuk pertimbangan penggantian mesin.

2) Pemeliharaan tak terencana (*unplanned maintenance*)

Pemeliharaan tak terencana adalah pemeliharaan darurat, yang didefenisikan sebagai pemeliharaan dimana perlu segera dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang serius, misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk keselamatan kerja. Pada umumya sistem pemeliharaan merupakan metode tak terencana, dimana peralatan yang digunakan dibiarkan atau tanpa disengaja rusak hingga akhirnya, peralatan tersebut akan digunakan kembali maka diperlukannya perbaikan atau pemeliharaan.

Secara skematik dapat dilihat sesuai diagram alir proses suatu perusahaan untuk sistem pemeliharaan dibawah ini.



Gambar 4.1 Diagram alir dari pembagian pemeliharaan

G. Hubungan antara *Preventive Maintenance* dan *Predictive Maintenance*

1) *Preventive Maintenance*

Adalah metode untuk melakukan pencegahan kerusakan peralatan/mesin dengan melakukan penggantian *parts* secara berkala berdasarkan waktu penggunaan dan melakukan perawatan ringan serta inspeksi untuk mengetahui keadaan peralatan/mesin yang terkini. Contoh : Membersihkan, memeriksa, melumasi, pengencangan baut, inspeksi berkala, restorasi periodik dan small over haul

2) *Predictive Maintenance*

Adalah metode untuk melakukan perawatan dengan mengganti *parts* berdasarkan prediksi dengan menggunakan alat bantu. Maksudnya adalah jika metoda preventive hanya berdasarkan jadwal, maka metoda predictive berdasarkan hasil dari pengukuran. Metoda ini bisa juga dengan menggunakan panca indera, contohnya dalam pemeriksaan *bearing* dapat dibedakan dari suara yang dihasilkan atau pemerikasaan temperatur,

dengan menyentuhnya kita dapat merasakan perbedaan atau kelainan peralatan tersebut.

Bila dengan menggunakan alat bantu, kita harus mempunyai parameter yang bisa didapat dari *manual book* atau dari studi sendiri kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran. Perlu diterapkan bahwa setiap selesai mengukur, catatlah tanggal pengukuran agar kita mendapatkan suatu frekuensi akan kelayakan *parts* dari peralatan kita untuk memudahkan memprediksikannya dikemudian hari. Contoh alat bantu ukur yaitu :

- Tachometer, untuk mengukur putaran
- Thermometer, untuk mengukur suhu
- Vibrameter, untuk mengukur getaran pada bearing motor
- Desiblemeter, untuk mengukur suara,

H. Hubungan Pemeliharaan dengan Proses Produksi

Pemeliharaan menyangkut juga terhadap proses produksi sehari-hari dalam menjaga agar seluruh fasilitas dan peralatan perusahaan tetap berada pada kondisi yang baik dan siap selalu untuk digunakan. Kegiatan hendaknya tidak mengganggu jadwal produksi. Agar proses produksi berjalan dengan lancar, maka kegiatan pemeliharaan yang harus dijaga dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Menambah jumlah peralatan dan perbaikan para pekerja bagian pemeliharaan, dengan demikian akan di dapat waktu rata-rata kerusakan dari mesin yang lebih kecil,
2) Menggunakan pemeliharaan pencegahan, karena dengan cara ini dapat mengganti *parts* yang sudah dalam keadaan kritis sebelum rusak,
3) Diadakannya suatu cadangan di dalam suatu system produksi pada tingkat kritis, sehingga mempunyai suatu tempat parallel apabila terjadi kerusakan mendadak. Dengan adanya suku cadangan ini, tentu akan berarti adanya kelebihan kapasitas terutama untuk tingkat kritis tersebut, sehingga jika ada mesin yang mengalami kerusakan, perusahaan dapat berjalan terus tanpa menimbulkan adanya kerugian karena mesin-mesin menganggur,
4) Usaha-usaha untuk menjadikan para pekerja di bidang pemeliharaan ini sebagai suatu komponen dari mesin-mesin yang ada, dan untuk

menjadikan mesin tersebut sebagai suatu komponen dari suatu sistem produksi secara keseluruhan,

5) Mengadakan percobaan untuk menghubungkan tingkat-tingkat sistem produksi lebih cermat dengan cara mengadakan suatu persediaan cadangan diantara berbagai tingkat produksi yang ada, sehingga terdapat keadaan dimana masing-masing tingkat tersebut tidak akan sangat tergantung dari tingkat sebelumnya.

I. Hubungan Kegiatan Pemeliharaan dengan Biaya

Tujuan utama manajemen produksi adalah mengelola penggunaan sumber daya berupa faktor-faktor produksi yang tersedia baik berupa bahan baku, tenaga kerja, mesin dan fasilitas produksi agar proses produksi berjalan dengan efektif dan efisien. Pada saat ini perusahaan-perusahaan yang melakukan kegiatan pemeliharaan harus mengeluarkan biaya pemeliharaan yang tidak sedikit.

J. Pemeliharaan Instrumen Ukur

Program Pemeliharaan Alat Ukur Meliputi Jadual pemeliharaan yang terencana termasuk jadwal kalibrasi, Hal hal yang berkaitan dengan bagian yang harus dipelihara Jika dilakukan oleh pihak perusahaan sendiri maka harus dilaksanakan oleh personel yang kompeten dengan menggunakan prosedur / instruksi kerja yang telah ditetapkan Rekaman yang diperlukan misalnya pencegahan pemeliharaan, kerusakan, gangguan, perbaikan, modifikasi dan lainnya.



Gambar.4.2 Instrumen Ukur terpasang pada sistem kerja mempengaruhi kualitas produksi memenuhi persyaratan

Alat uji ukur dan sarana inspeksi merupakan perangkat pemeliharaan/fabrikasi yang digunakan untuk menguji, mengukur atau memeriksa kemampuan/fungsi suatu item/sistem serta untuk meyakinkan kesesuaiannya dengan ketentuan teknis yang dipersyaratkan. Kebenaran hasil pengujian/pengukuran sangat tergantung dari keandalan dan ketetapan alat uji/alat ukur yang digunakan. Oleh karenanya perolehan itu harus dijamin dapat bekerja menurut fungsinya serta kualitasnya memenuhi persyaratan. Pengendalian alat uji dan alat ukur meliputi:

1. Pemeriksaan ketepatan dan kelengkapan informasi pada stiker atraupun identifikasi lainnya yang menunjukkan jaminan keandalan dan batas waktu peralatan tersebut.
2. Pengawasan atas penempatan dan pemeliharaan alat uji/alat ukur dalam penyimpanan serta kesesuaian penggunannya dengan fungsi dan batas kemampuannya.
3. Pengawasan atas pelaksanaan kalibrasi alat uji ukur sesuai dengan jadwal waktu yang telah ditentukan.
4. Pengawasan atas kualifikasi dan kemampuan profesi personil/operator peralatan tersebut.
5. Pengendalian sarana inspeksi Kegiatan yang melaksanakan mencakup:

6. Pemeriksaan dan pengesahan penggunaan perkakas kerja sebagai sarana pemeliharaan/fabrikasi inspeksi di unit pemeliharaan.
7. Pengawasan atas pelaksanaan pemeriksaan kondisi, penyetelan, perbaikan, dan penggantian perkakas kerja guna terjaminnya tersedianya sarana pemeliharaan /fabrikasi dan sarana inspeksi yang memenuhi ketentuan teknis yang dipersyaratkan.

K. Kalibrasi Alat Ukur dan Alat Uji

Berbagai blok ekonomi dunia, negara-negara industri dan perusahaan multi nasional senantiasa menuntut produk yang beredar maupun yang dihasilkan sesuai dengan standar yang berlaku. Perkembangan teknologi dan variasi peralatan yang dipakai dalam dunia industri dan jasa pelayanan masyarakat menuntut pemakaian peralatan yang bekerja lebih akurat, cepat, dan multi fungsi. Produk yang dihasilkan dari pemakaian peralatan yang akurat akan meningkat nilai jualnya. Disamping itu transaksi perdagangan biasanya dilakukan dalam volume yang besar dan dengan nilai yang besar pula, dan dilakukan dengan mengandalkan alat ukur. Kehadiran pihak ketiga penyedia jasa kalibrasi merupakan keb utuhan yang tidak bisa dihindari untuk menjawab tantangan tersebut.

Ruang Lingkup Pekerjaan Kalibrasi

Semua alat ukur yang dipakai dalam proses produksi, pelayanan masyarakat dan dunia industri lainnya, yang dalam pemakaiannya mempengaruhi mutu akhir produk/jasa memerlukan kalibrasi. SUCOFINDO adalah contoh perusahaan yang bergerak di bidang jasa kalibrasi alat ukur, memiliki laboratorium kalibrasi yang telah diakreditasi oleh KAN - BSN melalui sertifikat kalibrasi nomor LK - 023 – IDN memiliki kemampuan kalibrasi besaran-besaran sbb.:

1. Kalibrasi besaran dimensi dengan kemampuan ukur sampai resolusi 0,00001 mm untuk alat ukur panjang seperti gauge block, caliper, mikrometer, ring gauge dan sebagainya.
2. Kalibrasi besaran massa untuk alat ukur massa sampai kelas E2 seperti timbangan, anak timbangan, dan sebagainya.
3. kalibrasi besaran gaya untuk alat ukur gaya sampai kapasitas 1000 kN seperti proving ring, compression machine, torque meter, dan sebagainya.
4. Kalibrasi besaran tekanan untuk alat ukur tekanan sampai kapasitas 1200 bar seperti pressure gauge, dead weight tester, digital manometer, pressure indicator, dan sebagainya.
5. Kalibrasi besaran temperatur/suhu untuk alat ukur suhu dari (-200^{0}C sampai 1700^{0}C seperti oven, termometer, termocouple, cold storage, furnace, dan sebagainya.
6. Kalibrasi besaran listrik untuk alat-alat ukur seperti voltmeter, amperemeter, ohmmeter, powermeter, capacitance meter, oscilloscope, dan sebagainya.
7. Kalibrasi besaran volume dan aliran untuk alat ukur volume seperti peralatan gelas laboratorium, micro syringe, flow meter cairan, dan sebagainya.
8. Kalibrasi instrumentasi laboratorium seperti gas detector, pH meter, conductivity meter, turbidity meter, spectrophotometer UV-Vis, AAS, GC, ICP, dan sebagainya.
9. Kalibrasi peralatan rumah sakit seperti ECG, tensimeter, blood warmer, incubator, defibrator, suction, ventilator, tread mill, dan sebagainya.
10. Kalibrasi atas alat ukur volumetrik yang terdiri dari:
    1. Kalibrasi atas peralatan alat ukur dinamis (meter prover dan flow meter);
    2. Kalibrasi alat ukur statis (tangki timbun).

Manfaat kalibrasi Ukuran

1. Diperolehnya kepastian akurasi pengukuran alat-alat produksi dan alat ukur dalam transaksi perdagangan sehingga terjadi transaksi yang adil, serta menghindari terjadinya sengketa atas hasil pengukuran dan pengujian yang berbeda.

2. Diperolehnya kepastian bahwa produk yang dihasilkan memenuhi regulasi baik lokal maupun internasional;
3. Mengurangi risiko ditariknya produk gagal atau produk yang tidak memenuhi syarat regulasi;
4. Meningkatkan citra perusahaan.

L. Menyetel Alat Ukur Presisi

Penyetelan setiap jenis alat ukur disesuaikan serta mengikuti buku manual yang tersedia. Penyetelan alat ukur tersebut dimaksudkan agar pengukuran yang akan dilaksanakan dapat mencapai hasil optimal. Perawatan alat ukur secara umum menyangkut :

1. Tempat penyimpanan
2. Suhu ruangan
3. Penempatan alat ukur
4. Kebersihan alat ukur
5. Penggunaan alat ukur sesuai fungsi
6. Penjagaan alat ukur dari pengaruh kondisi kerja seperti getaran.

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

Penilaian Diri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.					
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya memahami berbagai jenis pemeliharaan instrumen				
C	**Keterampilan**				
1	Saya mampu melakukan pemeliharaan instrument logam ukur				

B. Review

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar !

1. Jelaskan apa yang dimaksud pemeliharaan!
2. Jelaskan tujuan pemeliharaan!
3. Jelaskan fungsi pemeliharaan!
4. Sebutkan dan jelaskan lingkup kegiatan inspeksi!
5. Sebutkan dan jelaskan jenis pemeliharaan!
6. Apa saja lingkup pemeliharaan terhada!
7. Apa yang dimaksud kalibrasi?
8. Jelaskan manfaat kalibrasi untuk alat ukur!

C. Tugas Mandiri Instrument Ukur

Tugas 1: MEMELIHARA ALAT UKUR

1. Tujuan :Setelah melaksanakan kegiatan belajar 3, siswa dapat :

1) Menyetel alat ukur presisi
2) Merawat dan penyimpanan alat ukur presisi

2. Menyetel alat ukur presisi

1. Menyetel dial test indicator
   a. Pasang dial test indicator pada dudukannya
   b. Tepatkan ujung batang sensor pada salah satu permukaan benda yang diukur
   c. Putar piringan skala nonius sampai jarum ukur tepat pada angka 0 (nol), posisi angka ini sebagai patokan untuk melihat perubahan kondisi permukaan yang diukur.
2. Menyetel micrometer luar
   a. Putar piringan skala nonius sampai jarum ukur tepat pada angka Rapatkan kedua permukaan ujung pengukur, dengan cara memutar batang rechet sampai terdengar bunyi giginya.
   b. Longgarkan rumah skala nonius
   c. Tepatkan garis nol pada rumah skala nonius dengan garis nol pada batang utama
   d. Kencangkan kembali rumah skala nonius
3. Menyetel jangka sorong
   a. Rapatkan kedua permukaan rahang ukur
   b. Longgarkan baud pada pelat skala nonius
   c. Tepatkan garis nol skala nonius dengan garis nol pada batang utama jangka sorong
   d. Kencangkan kembali baud pada pelat skala nonius.

3. Merawat dan penyimpanan alat ukur presisi

1) Pemeliharaan alat ukur secara umum

a) Suhu ruangan penyimpanan alat adalah 20^{o} C supaya tidak terjadi perubahan pisik akibat meningkatnya suhu.

b) ä Kondisi ruangan penyimpanan alat tidak terlalu lembab supaya tidak berkorosi (kelembaban udara 50 : 60 %)

c) ä Diberi vaselin setlelah alat ukur dipakai

d) ä Dijauhkan dari getaran, goncangan atau benturan

e) ä Setelah dipakai dimasukkan kembali ke kotak penyimpananya, dan untuk alat yang besar misalnya profil proyektor harus selalu ditutup dengan kain/plastik sewaktu tidak dipakai.

f) ä Dipakai sesuai dengan fungsinya.

g) ä Hindarkan dari pemakaian secara gegabah dan serampangan

h) ä Dipakai menurut petunjuk operasional dan keselamatan kerja yang telah ditentukan masing-masing

4. Pemeliharaan beberapa alat ukur

Pemeliharaan jangka sorong (Vernier Caliper)

Mengkalibrasi

Cara menglkalibrasi: misal untuk ketelitian 0,05 mm

(1) Disiapkan sejumlah blok ukur dengan kenaikan 1 mm dari ukuran 1 mm s.d. 25 mm

(2) Kemudian dilakukan pengukuran dari setiap kenaikan 1 mm di atas meja kerja

(3) Masing-masing pengukuran dicatat hasil penyimpangan manimal 4 x dan dibuat rata-rata (baik penyimpangan positip maupun negatip)

(4) Selanjutnya ulangi pengukuran dari 25 mm turun sampai 1 mm dengan penurunan 1 mm.

(5) Masing-masing pengukuran dicatat penyimpangannya menimal 4 x dan dibuat rata-rata hasil pengukuran.

(6) Jumlahkan penyimpangan pengukuran

(7) Tentukan penyimpangan komulatifnya

(8) Penyimpangan komulatip =

Jumlah penyimpangan rata-rata

Jumlah pengukuran (dalam hal ini

(9) Apabila hasil penyimpangan kumulatif dari ketelitian alat ukur, maka alat itu tidak dapat dipertanggung jawabkan.

Cara Perawatan

(1) Sebelum dan sesudah pemakaian, alat ukur harus selalu dibersihkan. Bila selesai pemakaian beri sedikit vaselin dan disimpan lagi ke tempat semula

(2) Mur/baut pengunci hendaknya dijaga jangan sampai lepas atau hilang.

(3) Pakailah kain panas/strimin sebagai tempat alat ukur.

Pemeliharaan Mikrometer Luar

Kalibarasi

(1) Alat dan perlengkapan

a) Blok ukur

b) Dudukan mikrometer

c) Kertas grafik

(2) Langkah kerja

- Stel lebih dahulu mikrometer yang akan diperiksa pada kedudukan minimum/nol.
- Pasangkan mikrometer tersebut pada dudukannya pada posisi yang mudah begi pembacaan ukurannya.
- Jepitlah blok ukur 1 mm diantara dua landalsan mikrometer, dan catat beberapa mikron penyimpangannya (+ atau -)
- Catat pula penyimpangan- penyimpangan pembacaan untuk blok ukur 2 mm, 3 mm dan seterusnya s.d. 25 mm. Untuk memudahkan kesimpulan, salinlah data penyimpangan tersebut diatas, kedalam bentuk grafik.

- Membersihkan dan melekatkan blok ukur harus benar-benar baik.
- Perhatikan pada waktu mengeset besarnya tekanan mulut ukur terdengar dari bunyi gigi gelincir.
- Untuk pekerjaan-pekerjaan yang lebih teliti, kertaan dan kesejajaran muka ukur landasan juga perlu diperiksa (dengan plat optik).

Perawatan

(1) Sesudah pemakaian, bersihkanlah permukaan pengukuran dan bagian-bagian lainnya, dan gunakanlah bahan anti korosi. Bagian-bagian yang berulir harus dilumasi secukupnya dengan oli yang berkualitas tinggi, misalnya oli yang dipergunakan untuk jam/arloji.

(2) Jika tidak dipergunakan (sesudah pemakaina) mikrometer luar harus ditempatkan dalam sebuah peti kayu. Mikrometer yang lebih besar harus digantungkan dengan penunjang nya yang khusus (sadle shaped support).

(3) Temapt penyimpanan harus bebas dari getaran, sinar matahari langsung dan fluktuasi temperatur.

(4) Batang ukur standar yang panjang harus ditempatkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi lenturan.

Keselamatan Kerja

(1) Jangan menarik mikrometer keluar dari benda kerja untuk dilihat hasil pengukurannya. Hal ini bisa merusak landasan.

(2) Jangan mengukur benda kerja yang sedang berputar atau bergerak

(3) Hati-hatilah pada waktu mengukur dan gunakan recet jika spindel sudah mendekati benda yang diukur.

Pemeliharaan Kaliber T (Telescoping Gauge)

Cara perawatan :

- Selesai melakukan pengukuran dengan kaliber T, maka baut pengikat harus dikendorkan agar spindle dan tabung tidak mengalami pembebanan.
- Sebelum disimpan pada tempatnya, oleskan vaseline agar terhindar dari karatan.
- Telescoping dimasukkan pada tempat yang khusus dan masukkan pada almari.

Perbaikan :

- Untuk memperbaiki telescoping gauge yang telah rusak, dapat dilaksanakan sebagai berikut :
- Kendorkan baut pengikat
- Masukkan pegasnya pada spidle, kemudian masukkan tabung pada rangka.
- Masukkan pegas dan spidle pada tabung, kemudian baut pengikat dikeraskan.

Keselamatan Kerja

- Pemakaian telescoping gauge harus sesuai dengan ukuran diameter lubang yang diukur.
- Pada saat membuka pengikat/pengunci, maka tabung dan spindle ditahan oleh ibu jari penunjuk (tangan kiri)
- Pada waktu mulai melaksanakan pangukuran, pengunci dibuka perlahan-lahan sehingga menyentuh benda ukur.
- Pada saat mengeluarkan telescoping gauge benda ukur dimiringkan sedikit (5 derajat) agar alat ukur tersebut mudah lepas, apabila alat ukur tersebut tidak dimiringkan mengalami kerusakan pada bagian permukaan ukur spindle dan tabung.
- Apabila saat kita membuka pengunci/pengikat tidak ditahan akan menimbulkan bahaya yaitu spindle dan tabung akan terlempar dan dapat mengenai mata.
- Pada waktu melakukan pengukuran, letakkan alat ukur di atas panel (kain halus).

- Alat ukur telescoping gauge jangan diletakkan bertumpukan dengan alat ukur lainnya.
- Setelah selesai melakukan pengukuran, kendorkan baut pengikat.
- Simpanlah alat ukur telescoping gauge pada tempat yang telah disediakan.
- Hindarkan sampai telescoping gauge jatuh/terbentur pada alat ukur sejenis.

D. Penilaian

Penilaian dilakukan terhadap 3 kriteria, yaitu sikap, keterampilan dan pengetahuan.

1. Nilai sikap diperoleh dari observasi selama kegiatan belajar
2. Nilai pengetahuan diperoleh dari hasil pemeriksaan jawaban tugas evaluasi (Review) yang diberikan.
3. Nilai keterampilan diperoleh dari hasil unjuk kerja tugas proyek yang dilaksanakan siswa.

Rubrik Penilaian

1. Indeks nilai kuantitatif dengan skala 1 – 4
2. KKM : Pengetahuan : $\geq$ 2.66 (Baik)
   Keterampilan : $\geq$ 2.66 (Baik)
   Sikap : $\geq$ 2.66(Baik)
3. Skor Siswa $= \frac{Skor}{Skor\ Tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$
4. Konversi klasifikasi nilai kualitatif :

Konversi nilai akhir		Predikat	Klasifikasi
Skala 1- 4	Skala 0–100		
4	86 -100	A	Sangat Terampil/ Sangat Baik
3.66	81- 85	A-	
3.33	76 – 80	B+	Terampil/ Baik
3.00	71-75	B	
2.66	66-70	B-	
2.33	61-65	C+	Cukup Terampil/ Cukup Baik
2	56-60	C	
1.66	51-55	C-	
1.33	46-50	D+	Kurang Terampil/ Kurang Baik
1	0-45	D	

PENILAIAN HASIL BELAJAR

Nama Siswa : ....

1. Penilaian Sikap					
Isilah kolom penilain berikut berdasar hasil observasi selama kegiatan belajar, dengan memberikan ceklis pada kolom yang sesuai					
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
Jumlah Nilai					
Rata Rata Nilai (Jumlah Nilai / 4)					

2. PenilaianPengetahuan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Review	

3. Penilaian Keterampilan		
Isilah kolom penilain berikut oleh Guru, berdasar hasil pemeriksaan jawaban evaluasi yang diberikan		
No.	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Tugas Mandiri	

Kesimpulan Penilaian		
No	**Aspek Penilaian**	**Nilai**
1	Sikap	
2	Pengetahuan	
3	Keterampilan	
Kesimpulan : Siswa dinyatakan **Kompeten/Belum Kompeten*** dan **Dapat/Tidak Dapat**** Melanjutkan Ke Materi Berikutnya		
Peserta sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan-alasan mengambil keputusan **........................., ...** **Penilai** **...................................**		

Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Siswa:** **Tanda Tangan Siswa:**	Saya sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan mengambil keputusan tersebut. **Umpan Balik Orangtua/ wali siswa:** **Tanda Tangan Orangtua/ wali Siswa:** ....

*) Skala 4
**)Coret yang tidak perlu

Daftar Pustaka

Darma, Edifrizal, 2011. Prisip dasar Statika I. Pusat Pengembangan Bahan Ajar,Universitas Mercu Buana.

Daryanto.1987, *Mesin Perkakas Bengkel*, Jakarta: PT Rineka Cipta

Hantoro, Sirod dan Parjono. 2005, *Menggambar Mesin*. Jakarta: Adicita.

Harapan Utama. 2000. *Materi Pengajaran AutoCAD 2000*. Semarang: Lembaga Keterampilan Komputer Harapan Utama.

Lilih Dwi P. 2001. *Buku CNC Milling* – TU 2A (Mesin Bubut Dasar). Laboratorium CNC – BLPT Surabaya.

Lilih Dwi P. 2001. *Buku CNC Milling* – TU 3A (Mesin Freis Dasar). Laboratorium CNC – BLPT Surabaya.

J.J.M. Hollebrandse. Soedjono. 1988. *Teknik Pemrograman Dan Aplikasi CNC*. Jakarta, PT Rosda Jayaputra.

John Ridley, 2008. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Ikhtisar, Jakarta: Penerbit Erlangga

Juhana, Ohan dan M. Suratman. 2000,Menggambar Teknik Mesin.Bandung: Pustaka Grafika.

Majumdar. 2001. *Pneumatic Systems Principles and Maintenance*.Tata McGraw-Hill. New Delhi.

Mikell P. Groover. 2001. *Automation Production systems, and Computer-Integrated*

Pudjananta dan Narsuhud. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Andi Offset. Yogyakarta

Poerwanto, Juliza Hidayati dan Anizar, 2008, Instrumentasi dan Alat Ukur, Graha Ilmu, Yogyakarta

Setiawan. Iwan. 2006. *Programmable Logic Controller (PLC) dan Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta. Penerbit Andi

Silalahi, Bernnet NB. 1995. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo

Soewito. Hadi. 1992. *Pengetahuan Dasar Mesin CNC*. Bandung. Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi Bandung.

Sudibyo dan Djumarso. 1991. *Toleransi*. Solo: ATMI ST Mikael

Sumbodo. Wirawan. 2004. *Dasar-dasar Sistem Pneuamtik/Hydrolik*. Semarang. Unnes

Sularso dan Tahara, H., 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta Pradnya Paramita.

Wahana Komputer. 2002. *Menguasai AutoCAD 2002*. Jakarta. Salemba Infotek.